

CODEN: IBBRAH (11-79) 1-93 (1979)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 11-79

ONDERZOEK NAAR DE MENGENDE WERKING VAN PLOEG EN SPITMACHINE  
MET BEHULP VAN MET COBALT GEMERKTE GROND EN ACTIVERINGSANALYSE

*With a summary:*

*Research on the soil-mixing effects of plough and spading machine  
by means of cobalt-labelled soil and activation analysis*

door

C. VAN OUWERKERK, A.E.R. MES, M. POT EN K.H. ZSCHUPPE

1979

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,  
9750 RA Haren (Gr.)

---

*Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 11-79 (1979) 93 pp.*

## INHOUD

1. Inleiding	5
2. Werkwijze	8
3. Merken van de oppervlakkig toe te dienen grondsuspensie met Co	9
3.1. Principe	9
3.2. Uitvoering	9
3.2.1. Benodigde hoeveelheid grond	9
3.2.2. Benodigde hoeveelheid suspensie	10
3.2.3. Bereiding van de met Co gemerkte grondsuspensie	10
3.2.4. Bereiding van de CMC-"oplossing"	11
3.2.5. Samenvoegen van grondsuspensie en CMC-"oplossing"	12
4. Toxische werking van de met Co gemerkte grond	13
5. Doseerinstallatie	14
6. Het proefterrein	23
7. Voorbereiden van de doseerveldjes, 9 en 10 oktober 1969	26
8. Toedienen van de met Co gemerkte grondsuspensie, 15 en 16 oktober 1969	30
9. Gedrag van de grondsuspensie na de toediening	35
10. Hoofdgrondbewerking, 31 oktober 1969	41
11. Bemonstering van de bouwvoor	45
11.1. Eerste bemonstering, herfst 1970	45
11.1.1. Bemonsteringsschema	45
11.1.2. Uitvoering	48
11.1.3. Slijpplaten	53
11.2. Tweede bemonstering, herfst 1971	53
12. Activeringsanalyse	55
12.1. Principe	55
12.2. Uitvoering	55
12.3. Aantal onderzochte monsters	56
13. Resultaten	58
13.1. Onbehandelde grond	58
13.2. Met Co gemerkte grondsuspensie	59

13.3. Vastegronsteelt	59
13.3.1. Eerste bemonstering, herfst 1970	59
13.3.2. Tweede bemonstering, herfst 1971	59
13.4. Spitten	62
13.5. Ploegen	64
13.5.1. Lengteprofielen	65
13.5.2. Dwarsprofielen	66
14. Conclusies	71
15. Samenvatting	73
16. Summary	75
17. Literatuur	77
18. Bijlagen	79

## 1. INLEIDING

Een belangrijke doelstelling van de grondbewerking is het homogeen maken van de bouwvoor. Dit betekent dat na de oogst dikwijls zeer grote en grillig verspreide verschillen in dichtheid van de bouwvoor genivelleerd moeten worden. Het betekent ook dat organische en anorganische meststoffen, groenbemestingsgewassen, opslagplanten, stoppel- en wortelresten door de bouwvoor moeten worden gemengd.

Daar de tot nu toe ter beschikking staande meetmethoden niet toereikend zijn, is over het mengend effect van grondbewerkingswerktuigen relatief weinig bekend. De indruk bestaat echter dat het resultaat veelal te wensen overlaat. De ploeg bijvoorbeeld staat in dit opzicht niet hoog aangeschreven.

Inmiddels is het mogelijk geworden om gronddeeltjes met bepaalde elementen (Co, Ta) te merken en de verplaatsing van deze deeltjes te vervolgen via bemonstering en activeringsanalyse (De Groot, Allersma en De Bruin, 1970). Deze analyse bestaat uit het meten van het gamma-energiespectrum van het door neutronenbestraling van de monsters in een kernreactor geactiveerde element. Toepassing van deze techniek bij experimenten in het laboratorium en in het veld is daarom volstrekt ongevaarlijk, in tegenstelling tot technieken waarbij de grond met radio-actieve isotopen (b.v.  $^{32}\text{P}$ ) wordt gemerkt.

In principe kan deze techniek in belangrijke mate bijdragen tot het verkrijgen van een zodanig gedetailleerd inzicht in het mengend effect van grondbewerkingswerktuigen dat kan worden aangegeven hoe, b.v. door wijzigingen in vorm en hantering van deze werktuigen, in dit opzicht verbeteringen kunnen worden gerealiseerd. Het werd daarom van belang geacht de praktische mogelijkheden nader te onderzoeken.

Dit onderzoek vond plaats in het kader van een daartoe in 1968 opgezet, gezamenlijk project (no. 217) van de Afdeling Scheikunde van de grond en de Afdeling Bodemfysica en grondbewerking (projectleider Dr. A.J. de Groot): "Onderzoek naar de mengende werking van grondbewerkingswerktuigen door toepassing van merktechnieken en activerings-

analyse".

In de Jaarverslagen over 1971, 1972 en 1973 van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid werden enkele voorlopige resultaten vermeld (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1972, 1974). Het onderhavige rapport is te beschouwen als afsluitend verslag van dit project.

In de loop van het onderzoek werd een aantal publikaties over het mengend effect van grondbewerkingswerktuigen en over diverse merktechnieken verzameld (bijlage I); ze worden hier echter niet besproken.

Om snel ervaring op te doen lag het voor de hand deze techniek allereerst toe te passen in een bestaande veldproef waarin grondbewerkingen worden uitgevoerd waarvan bekend is dat het mengend effect sterk verschilt, nl. *ploegen* (vrijwel geen mengende werking) en *machinaal spitten* (zeer goede mengende werking). Voorts leek het interessant het eveneens in deze veldproef aanwezige object *vastegrondsteeelt* in de vergelijking te betrekken. Op dit object wordt de grond in het geheel niet bewerkt en zijn slechts geringe verplaatsingen van gronddeeltjes te verwachten, bv. door regen, door activiteit van de bodemfauna, door het rijden over de grond en door het oogsten van rooivruchten.

Om de problemen van toediening van de grondsuspensie en van de latere interpretatie van de bemonsteringsresultaten niet te ingewikkeld te maken, werd besloten van de drie objecten alleen het grondoppervlak d.m.v. een dun laagje grondsuspensie te merken en de mogelijkheden van injecteren van de suspensie pas in een volgende fase van het onderzoek te bestuderen.

Als merkstof werd Co gebruikt daar dit zeer vast aan de in dit onderzoek betrokken grond (zwarte zavel) kan worden gebonden en daarin van nature slechts in uiterst geringe hoeveelheden voorkomt  $8 \text{ à } 10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ). In principe is het element Ta een nog betere merkstof dan Co: het komt van nature niet in de grond voor, het is nog nauwkeuriger te detecteren dan Co en kan, in tegenstelling tot Co, op alle grondsoorten worden toegepast. Er was echter ten tijde van dit onderzoek (1969-1971) nog te weinig ervaring opgedaan met het aan de grond fixeren van dit vrijwel immobiele element om er een verantwoord onderzoek mee te kunnen uitvoeren.

Gezien de hoge kosten van de activeringsanalyse werd aan de Inter-

national Atomic Energy Agency (IAEA) te Wenen een subsidieaanvraag gericht, vergezeld van een uitgewerkt proefvoorstel. Helaas was de IAEA van mening dat de aard van het onderhavige onderzoek buiten het kader van de door deze instelling gesubsidieerde onderzoeken viel. Als gevolg hiervan kon het oorspronkelijk plan de veldproef drie jaar voort te zetten niet worden uitgevoerd. Uiteindelijk bleek dat de financiële middelen slechts toereikend waren om een minimaal aantal monsters activeringsanalytisch te laten onderzoeken.

## 2. WERKWIJZE

Op drie akkers van het permanente grondbewerkingsproefveld PrLov 7 op de proefboerderij van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid "Dr. H.J. Lovinkhoeve" te Marknesse (Noordoostpolder), werd op 6 veldjes van 1,5 x 2,0 m een dun laagje met Co gemerkte, met carboxymethylcellulose (CMC) gestabiliseerde, waterige grondsuspensie aangebracht.

Na microbiële afbraak van de CMC en verdamping van het in de suspensie aanwezige water werd het aldus verkregen dunne, goed aan het oppervlak gehechte laagje Co-sediment bij de hoofdgrondbewerking in de herfst ondergewerkt door ploegen, resp. door machinaal spitten, terwijl het op het object vastgrondsteelt (waar de grond in het geheel niet wordt bewerkt) aan de oppervlakte bleef.

In een veldproef is het niet mogelijk een betrouwbare bemonstering van pas geploegde, resp. gespitte grond uit te voeren. Men dient daarmee te wachten tot de grond voldoende is bezakt, d.w.z. zijn voor het betreffende object normale structuur heeft herkreten. Weliswaar is dit reeds in de voorzomer het geval, maar de gewassen zijn dan reeds zover ontwikkeld dat bemonsteren op dat tijdstip niet verantwoord wordt geacht. Daarom werd de eerste bemonstering pas na de oogst uitgevoerd, dus ongeveer een jaar na de toediening van de met Co gemerkte grondsuspensie.

Op van te voren nauwkeurig bepaalde plaatsen en op diverse diepten werden monsters uit de bouwvoor (0-30 cm-mv) genomen voor activerings-analytisch onderzoek. Uit de Co-gehalten van de monsters kon de horizontale en verticale verplaatsing van het met Co gemerkte laagje over de bouwvoor worden afgeleid en konden conclusies worden getrokken over het mengend effect van de bestudeerde grondbewerkingswerktuigen, resp. over de activiteit van de bodemfauna.

### 3. MERKEN VAN DE OPPERVLAKKIG TOE TE DIENEN GRONDSUSPENSIE MET Co

#### 3.1. Principe

Cobalt kan aan gronddeeltjes worden gebonden door gedroogde en gezeefde grond in waterige suspensie enige uren te koken met een oplossing van  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Hierbij wordt in eerste instantie  $\text{Co}(\text{OH})_2$  op de gronddeeltjes ge-coaguleerd. Door oxydatie gaat het neerslag over in  $\text{Co}(\text{OH})_3$ . De bij de reactie vrijkomende  $\text{H}^+$ -ionen worden geneutraliseerd door de in de grond aanwezige vrije koolzure kalk:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2^\uparrow$ . Na het koken wordt de grond door oproeren en afhevelen uitgewassen met gedestilleerd water.

De op de gronddeeltjes neergeslagen hoeveelheid  $\text{Co}(\text{OH})_3$  is afhankelijk van het specifiek oppervlak van de gronddeeltjes: de grootste hoeveelheid is daarom aanwezig in de fractie 2-8  $\mu\text{m}$ .

Om uitzakken van de verkregen suspensie tegen te gaan wordt deze gestabiliseerd door toevoeging van een poly-electrolyt. In ons onderzoek bleek voor dit doel carboxymethylcellulose (CMC) zeer geschikt.

#### 3.2. Uitvoering

Voor het bereiden van de met Co gemerkte grondsuspensie werd zware zavel gebruikt, afkomstig uit de bouwvoor van het gekozen proefterrein in de Noordoostpolder. De samenstelling van deze grond (tabel I) is zodanig (pH-water > 7,7; rijk aan vrije koolzure kalk) dat hij zich goed leent voor het merken met Co.

##### 3.2.1. Benodigde hoeveelheid grond

Er werd van uitgegaan dat het droog volumegewicht van de zware zavel 1,325  $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$  bedraagt (soortelijke massa van de vaste bestanddelen 2,65  $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$ ; poriënvolume 50 vol.%). Dit betekent dat 1  $\text{m}^2$  bouwvoor van



TABEL I. Samenstelling van de voor het bereiden van de Co-suspensie gebruikte grond.

pH		Fractie ( $\mu\text{m}$ )							
		$\text{CaCO}_3$	Humus	< 2	< 16	16/50	50/75	75/105	> 105
water	KCl	%	%	%	%	%	%	%	%
7,9	7,3	9,8	2,5	18,4	31,1	41,2	13,1	0,6	1,7

0,2 m dikte  $0,2 \times 1,323 \text{ t} = 0,265 \text{ t} = 265 \text{ kg}$  weegt. Het gewicht van de bouwvoor van één doseerveldje (oppervlakte  $1,5 \times 2,0 \text{ m}$ ) bedraagt dan  $3 \times 265 \text{ kg} = 795$  ofwel ca. 800 kg.

Er werd verder verondersteld dat oppervlakkig zoveel Co zou moeten worden toegediend dat de bouwvoor na homogene menging ca.  $100 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  zou bevatten. Daar uit vooronderzoek bekend was dat 2 gew. % Co nog zonder bezwaar aan de grond kan worden gebonden, zou daarom op een veldje van  $3 \text{ m}^2$  een hoeveelheid van  $800 \times 100 \times 10^{-6} / (2 \times 10^{-2}) = 4 \text{ kg}$  grond met 2 gew. % Co moeten worden toegediend.

Voor  $3 \times 6 = 18$  doseerveldjes was dus nominaal  $18 \times 4 = 72 \text{ kg}$  grond nodig.

### 3.2.2. Benodigde hoeveelheid suspensie

Uit voorbereidend onderzoek werd geconcludeerd dat de grond-water-suspensie maximaal  $0,25 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$  met 2 gew. % Co gemerkte grond kan bevatten. Bij toedienen van 4 kg grond per veldje van  $3 \text{ m}^2$  betekent dit  $4/0,25 = 16 \text{ l}$  suspensie. Om telkens over enige reserve te kunnen beschikken werd voor ieder veldje 18 l suspensie gemaakt.

### 3.2.3. Bereiding van de met Co gemerkte grondsuspensie

Er van uitgaande dat er 18 veldjes zouden worden gedoseerd en rekening houdend met onverhoopte calamiteiten, werden in totaal 21 porties met Co gemerkte grondsuspensie bereid. Daarbij werden steeds 3 porties tegelijk klaargemaakt.

Hiertoe werd  $3 \times 18 \times 0,25 = 13,5$  kg luchtdroge, gemalen en gezeefde grond (0,7 mm zeef) in een kookvat gebracht. Na toevoegen van ca. 25 l water werd de suspensie al roerend aan de kook gebracht. Vlak voordat het kookpunt werd bereikt, werd langzaam, onder voortdurend roeren, 2 l water toegevoegd met daarin opgelost 1333,51 g  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Betrokken op de aanwezige 13,5 kg grond komt dit overeen met 2 gew. % Co.

Na 3 uur koken werd de suspensie gedurende 2 uur gelegenheid gegeven te bezinken, waarna de bovenstaande vloeistof grotendeels werd afgeheveld. De overblijvende suspensie werd nu gelijkelijk verdeeld over 3 melkbussen van 40 l.

Vervolgens werd de overmaat nitraat uitgewassen. Hiertoe werd het volume in de melkbussen met gedestilleerd water aangevuld tot 20 l en werd de suspensie opgeroerd. Na 24 uur staan werd de bovenstaande vloeistof zo scherp mogelijk afgeheveld en werd opnieuw aangevuld tot 20 l en opgeroerd. Na wederom minstens 24 uur staan werd opnieuw scherp afgeheveld. In verband met de hoeveelheid toe te dienen CMC (zie verder) werd het volume van de overblijvende suspensie (zo nodig) aangevuld tot 6,3 l.

#### 3.2.4. Bereiding van de CMC-"oplossing"

Uit speciaal daartoe opgezette laboratoriumproeven bleek dat de beste resultaten worden verkregen wanneer de concentratie van de carboxymethylcellulose (CMC) in de grondsuspensie 1,3 % bedraagt. Bij proeven met een model-doseerinstallatie (zie hoofdstuk 5) bleek dat bij deze concentratie tevens de voor de dosering meest bevredigende viscositeit wordt gerealiseerd.

Na oplossen van CMC in water nam de viscositeit aanvankelijk snel toe, om na twee dagen constant te worden. Gedurende vier dagen daarna traden in de viscositeit geen veranderingen meer op. Dit betekent dat een CMC-oplossing desgewenst geruime tijd vóór het mengen met een met Co gemerkte grondsuspensie kan worden klaargemaakt.

Eenvoudigheidshalve werd een 2% CMC-oplossing bereid. Daar de CMC-concentratie bij de dosering 1,3% zou moeten zijn, diende de 18 l suspensie uiteindelijk  $1,3/2,0 \times 18 = 11,7$  l CMC-2% te bevatten. In totaal was er dus nodig  $21 \times 11,7 = 245,7$  l CMC-2%. Rekening houdend met enig verlies bij het uitschenken of overpompen van deze visceuze vloeistof

werd in totaal 260 l CMC 2%-oplossing gemaakt. Om praktische redenen werd deze hoeveelheid in porties van 10 l bereid. Hiertoe werd aan ca. 9 l water onder voortdurend roeren 200 g CMC toegevoegd, waarna met water werd aangevuld tot 10 l. Na 3 x 24 uur indikken werd de zo verkregen 2% CMC-oplossing overgebracht in jerrycans van 20 l.

### *3.2.5. Samenvoegen van grondsuspensie en CMC-"oplossing"*

Om ontmenging tijdens het transport naar het proefterrein te voorkomen werden beide componenten pas vlak voor de dosering ter plaatse gemengd. Bij de in de melkbussen aanwezige 6,3 l met Co gemerkte grondsuspensie werd 11,7 l CMC 2%-oplossing gebracht (zodat het totale volume 18 l werd) en werden de componenten zorgvuldig met een karnstok gemengd.

De gemakkelijke microbiële aantastbaarheid van CMC - bij het uitvoeren van de veldproeven van essentieel belang - bleek in de experimenteerfase (waarbij met niet gekookte grond werd gewerkt) een lastige complicatie, die echter door toevoeging van een kwikhoudend ontsmettingsmiddel kon worden opgelost.

Bij bewaring van de met CMC gestabiliseerde, met Co gemerkte grondsuspensie bij voor microben gunstige omstandigheden (bij kamertemperatuur en in het licht) bleek de viscositeit de eerste 24 uur zo weinig terug te lopen dat bij het doseren nog geen moeilijkheden werden ondervonden. Blijkbaar zijn door het koken van de grondsuspensie met  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  zoveel cellulosesplitsers gedood, dat de celluloseafbraak slechts langzaam weer op gang komt. Wanneer het doseren door omstandigheden mocht stagneren kan de werkvoorraad gestabiliseerde suspensie dus na één dag nog zonder bezwaar worden gebruikt.

#### 4. TOXISCHE WERKING VAN DE MET Co GEMERKTE GROND

Bij het op een oppervlak van  $1,5 \times 2,0$  m aanbrengen van 16 l van een suspensie die 4 kg met 2 gew. % Co gemerkte grond bevat, wordt ca.  $27 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  Co toegediend. Dit betekent, wanneer het gewicht van  $1 \text{ m}^2$  bij een bouwvoordikte van 20 cm op 265 kg wordt gesteld, dat er per g grond ruim 100  $\mu\text{g}$  Co aan de bouwvoor wordt toegevoegd. Vergelijken met het van nature in de grond aanwezige Co-gehalte van  $4 \text{ à } 5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , leek dit een zo grote hoeveelheid dat betwijfeld mocht worden of dit geen schade aan het gewas zou kunnen veroorzaken.

Uit een daartoe in september 1968 aangezette potproef met stoppelknollen op van het proefterrein in de Noordoostpolder afkomstige grond (VP 940), is echter gebleken dat het hier gebruikte Co zo vast aan de grond is gebonden dat het zelfs in een concentratie van  $250 \text{ à } 300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  geen schade doet aan de plant. Er werd geconcludeerd dat de voorgenomen veldproef zonder bezwaar doorgang kon vinden.

## 5. DOSEERINSTALLATIE

In de loop van 1968 werd overleg gepleegd met de heren H.K. Stokla en G. Smilda (Technische Dienst van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) over de bouw van een inrichting waarmee de met Co gemerkte en met CMC gestabiliseerde grondsuspensie in een dun, overal even dik laagje op het grondoppervlak zou kunnen worden aangebracht. Hiertoe zou de grondsuspensie als een dunne film uit een voorraadbak moeten stromen, die met een bepaalde constante snelheid wordt voortbewogen, en waarvan de uitstroomspleet zich op geringe hoogte boven het grondoppervlak bevindt.

Er werd begonnen met een model-doseerinstallatie voor het uitvoeren van laboratoriumproeven waarbij de grondsuspensie in porties van 1 l in melkflessen beschikbaar werd gesteld. Dit model (inhoud 1,25 l) bestond uit een 20 cm hoog, op horizontale dwarsdoorsnede vierkant bakje met zijden van 7,5 cm, waarvan de onderzijde trechtervormig uitliep in een over de volle breedte van het bakje (7,5 cm) werkzame, traploos instelbare uitstroomspleet (figuur 1). De afstand van de onderzijde van de uitstroomspleet tot het grondoppervlak kon eveneens traploos worden ingesteld. Om een constante voortbewegingssnelheid te verkrijgen werd de model-doseerinstallatie op een wagentje geplaatst dat over nauwkeurig horizontaal gestelde rails met de hand werd voortbewogen.

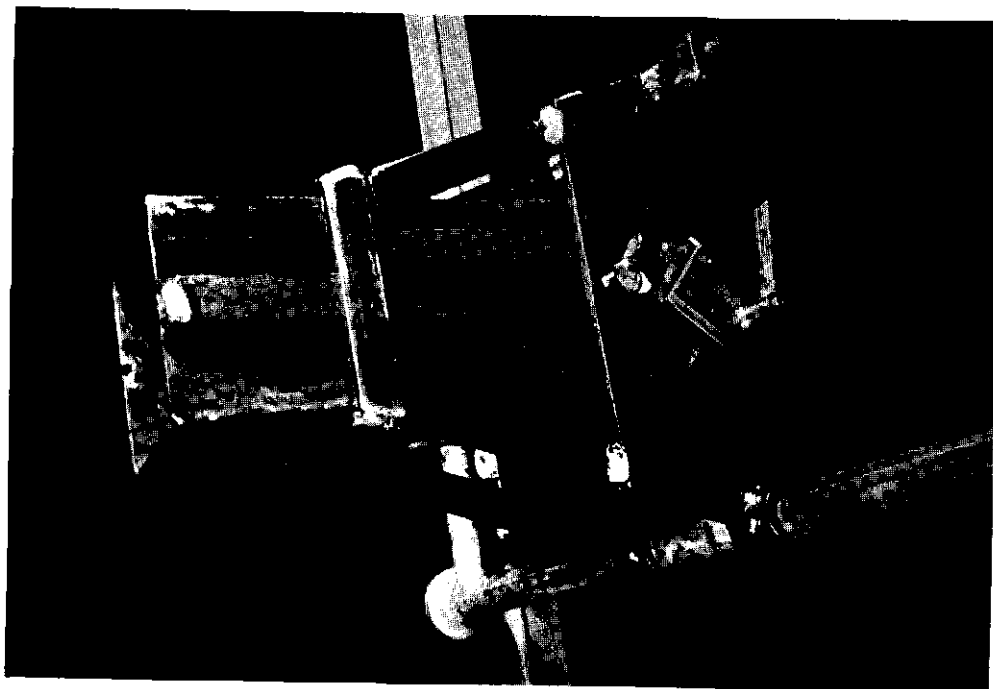
Op grond van de opgedane ervaringen werden een aantal wijzigingen in het model aangebracht. Hierna werden op een met zavel gevulde vakproef met veldjes van  $1 \text{ m}^2$  (VP 861) met goed resultaat een aantal doseringen uitgevoerd. Hierbij bleek dat de uitstromende film grondsuspensie tenminste ca. 5 mm dik moet zijn om een constant debiet - en daarmee een uniforme laagdikte - van de nog veel schelpfragmenten bevattende suspensie te verkrijgen. Voor een grondoppervlak van  $3 \text{ m}^2$  (als in de voorgenomen veldproef) zou dus tenminste ca. 15 l suspensie nodig zijn.

Na nog diverse verbeteringen in het ontwerp te hebben aangebracht werd begin 1969 de doseerinstallatie op ware grootte (inhoud 26 l) gebouwd. Hierna werd de installatie op het terrein van het instituut uitvoerig beproefd. De definitieve installatie (figuur 2) bestond uit een recht-

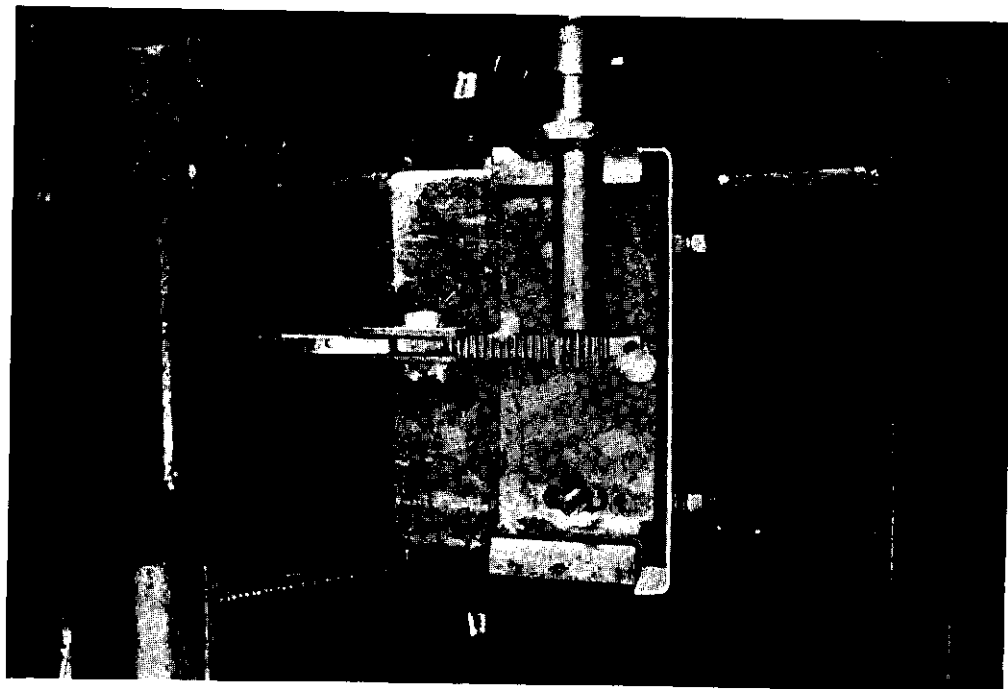
hoekige, bak ( $l=50$  cm,  $b=20$  cm,  $h=21$  cm) van roestvast staal, naar beneden trechtervormig uitlopend op een nauwkeurig instelbare, over de volle breedte van de bak (50 cm) werkzame uitstroomspleet. Deze uitstroomspleet kon worden afgesloten d.m.v. een in het centrum van de bak verticaal beweegbare, aan de onderzijde met schuimrubber beklede, stalen schuif.

De bak werd, zijdelings verplaatsbaar, op een 1,60 m breed wagentje geplaatst dat d.m.v. een handlier met constante snelheid over in een frame bevestigde, nauwkeurig horizontaal te stellen rails over een afstand van 3 m kon worden voortbewogen (figuur 3).

Daar de afstand van het vlak van de rails tot het maaiveld per doseerveldje wisselde werd de bak in hoogte verstelbaar in een frame gemonteerd. Tevens werd een hefboomstelsel geconstrueerd waarmee de bak al rijdend over een afstand van ca. 10 cm kon worden opgetild.



a



b

Fig. 1. Model-doseerinstallatie, van opzij (a) en van beneden (b) gezien.

## 6. HET PROEFTERREIN

De met Co gemerkte grondsuspensie werd herfst 1969 toegediend op enkele akkers van het permanente grondbewerkingsproefveld PrLov 7 gesitueerd op de proefboerderij "Dr. H.J. Lovinkhoeve" van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Vollenhoverweg 12, Marknesse (bijlage II).

Hoofddoel van het onderzoek op dit proefveld is het bestuderen van de invloed van uiteenlopende hoofdgrondbewerkingen (o.m. ploegen en machinaal spitten) op de structuur van de grond en op de ontwikkeling en de opbrengst van het gewas. In deze vergelijking is ook opgenomen het systeem van de zgn. vastegrondsteeft, waarbij in principe elke vorm van hoofdgrondbewerking en van zaaibedbereiding achterwege blijft. Voor alle objecten geldt dezelfde, vaste vruchtopvolging met 6 gewassen: zomergerst - vlas + witte klover - aardappelen - wintertarwe - erwten - suikerbieten (Van Ouwerkerk, 1969; Van Ouwerkerk en Pot, 1971, 1972).

Om een goede toediening van de met Co gemerkte grondsuspensie en (een jaar later) een betrouwbare bemonstering van de bouwvoor (0-30 cm-mv) mogelijk te maken, dienden de akkers waar de proeven zouden worden uitgevoerd aan de volgende eisen te voldoen:

1. het in 1969 verbouwde gewas moet relatief vroeg het veld ruimen, zodat er 14 dagen na de toediening nog ruimschoots tijd is om onder goede omstandigheden te kunnen ploegen en spitten;
2. de grond mag bij de oogst van de in 1969 en 1970 verbouwde gewassen niet verstoord worden, d.w.z. er mogen in 1969 en 1970 geen rooivruchten worden verbouwd;
3. ook twee jaar na toediening moet een bemonstering plaats kunnen vinden t.o.v. een redelijk vlak maaiveld.

Aan deze eisen werd het best voldaan bij toediening van de grondsuspensie na de oogst van wintertarwe, op objecten zonder voorafgaande stoppelbewerking. Het onderzoek werd daarom uitgevoerd op de akkers 19A (vastegrondsteeft), 28A (ploegen zonder stoppelbewerking) en 31A (spitten zonder stoppelbewerking).

In het systeem van de vastegrondsteeft worden, daar hier het onkruid-



bestrijdend effect van de grondbewerking geheel ontbreekt, het onkruid en, na volgroeien, ook de groenbemesters met chemische middelen gedood. Het zaaien van granen, peulvruchten en suikerbieten geschiedt met een speciale, zgn. ruiglandzaaimachine. Een speciale zaaimachine voor fijnzadige gewassen met een nauwe rijenafstand (b.v. vlas) ontbreekt, zodat voor deze gewassen d.m.v. een oppervlakkige grondbewerking een fijn zaaibed wordt gemaakt. Ook aardappelen maken, daar ze op ruggen worden verbouwd, bij het poten een beperkte, oppervlakkige grondbewerking noodzakelijk; naderhand wordt door rijenfrezen voldoende losse grond verkregen om qua vorm en grootte acceptabele ruggen te realiseren.

Bij vastegroundsteelt wordt de grond meestal spoedig dicht en vast, wat gepaard gaat met een sterke verlaging van het luchtgehalte. In principe kan dit voor de ontwikkeling van het gewas zeer nadelige gevolgen hebben.

Uit bijlage III blijkt echter dat op dit proefveld het poriënvolume op de niet bewerkte grond lang niet altijd kleiner was dan op bewerkte grond, en dat ook op niet bewerkte grond het luchtgehalte bij pF 2,0 niet voortdurend beneden de kritieke waarde (voor deze grond ca. 15 vol. %) lag.

Het relatief hoge poriënvolume dat op 14 mei 1969 in de laag 3-8 cm-mv werd gevonden, is te beschouwen als resteffect van het intensief losmaken van de grond bij de oogst van de voorvrucht aardappelen. Er mag worden aangenomen dat deze losse bovenlaag bij de oogst van de wintertarwe meer is verdicht dan de overeenkomstige, even losse, maar stabielere laag op het object ploegen. Daarom zullen op het tijdstip van toedienen van de Co-suspensie (15 oktober 1969) het poriënvolume en het luchtgehalte van de niet bewerkte grond in beide onderzochte lagen duidelijk lager zijn geweest dan op de geploegde grond.

Op het tijdstip van de bemonstering op het voorkomen van Co (2 september 1970) werden, zoals op bewerkte grond onder erwten gebruikelijk, hoge poriënvolumes gevonden (bijlage III, 9 september 1970). Het relatief zeer hoge poriënvolume op de niet bewerkte grond is waarschijn-

lijk niet reëel: op sterk uitgedroogde grond geven ringbemonsteringen dikwijls te hoge uitkomsten. Waarschijnlijk wordt de werkelijke situatie op 9 september 1970 beter benaderd door de op 14 juni 1971 in het volggewas suikerbieten verkregen resultaten.

## 7. VOORBEREIDEN VAN DE DOSEERVELDJES, 9 EN 10 OKTOBER 1969

Op de drie voor het onderhavige onderzoek uitgekozen akkers 19A (vastegrondsteelt), 28A (ploegen) en 31A (spitten) was begin oktober 1969 een wintertarwestoppel aanwezig. Op akker 19A stond bovendien een goed ontwikkeld, in het voorjaar onder de wintertarwe gezaaid gewas Italiaans raaigras. Elk van deze akkers was 12 m breed en 150 m lang (bijlage II).

In verband met de heterogeniteit van de grond en de afwijkingen in technologisch effect die kunnen ontstaan door plaatselijke verschillen in werkdiepte en in voorwaartse snelheid van het grondbewerkingswerktuig, werd het noodzakelijk geacht per object meerdere doseerveldjes van voldoende omvang, regelmatig over de akker verdeeld, aan te leggen.

Per object (akker) werden 6 doseerveldjes aangelegd, elk ter grootte van 1,5 x 2,0 m. In de breedte lagen ze 2 m t.o.v. elkaar verschoven, waarbij een afstand van tenminste 3 m tot de grens van de akker werd aangehouden (figuur 4). In lengterichting bedroeg de afstand tussen de doseerveldjes steeds 19 m. Op deze wijze kon per werkgang van de ploeg en de spitmachine een duplo-veldje worden gerealiseerd.

Om de plaats van de doseerveldjes te kunnen terugvinden werden de vier hoekpunten aangemeten aan vaste punten, zowel in situatie als in hoogteligging van het maaiveld.

Over de wijze van uitzetten van de doseerveldjes werd advies ingewonnen van Ir. G.A. van Wely (Landbouwhogeschool, Laboratorium voor Landmeetkunde), die ook kostbaar instrumentarium belangeloos ter beschikking stelde. Het uitzetten geschiedde in diverse fasen:

1. Uitgaande van de rechte lijn tussen de aan de linkervoorzijde van elke akker aanwezige hoektegels werd de linkerzijde van de akkers loodrecht daarop uitgezet m.b.v. een prisma en jalons (figuur 4). Daarna werden, beginnende bij punt 1 (op ca. 20 m van de voorzijde van de akker), de punten 2 t/m 12 uitgemeten en zichtbaar gemaakt met jalons. De afstand tussen de puntenparen 1 en 2, 3 en 4, enz. bedroeg steeds 6 m; de afstand tussen de puntenparen 2 en 3, 4 en 5, enz.

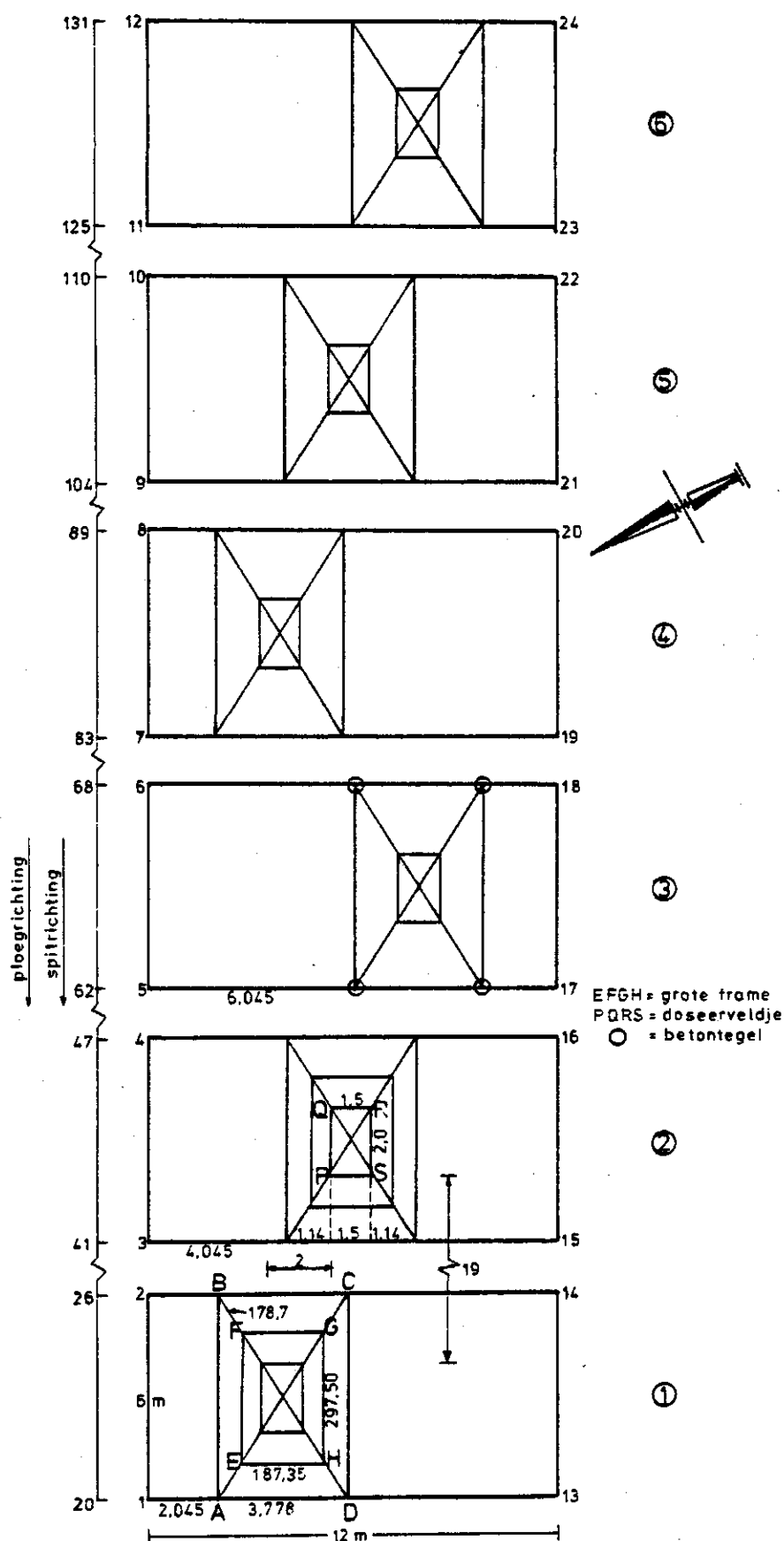


Fig. 4. Situering van de zes doseerveldjes (PQRS) op elk van de akkers 19A (vastgrondsteelt), 28A (ploegen) en 31A (spitten).

steeds 15 m. Het uiteinde van de lijn 1-12 werd vastgesteld d.m.v. een hoektegels op ca. 35 cm-mv.

De op 12 m afstand van de punten 1-12 langs de rechterzijde van de akker gelegen punten 13 t/m 24 werden uitgezet m.b.v. een dubbel prisma en 12 jalons.

2. Tussen de paren jalons 1 en 13, 2 en 14, enz. werden de punten A, B, C en D aangemeten en zichtbaar gemaakt met piketten. Om de procedure te bespoedigen werden de vaste afstanden 2,045 m en 3,778 m uitgezet met op die afstanden van merktekens voorziene, strak gespannen en nauwkeurig georiënteerde, geplastificeerde staaldraden.

3. Binnen de rechthoek ABCD werd de plaats van het grote frame (187,35 x 297,50 cm; figuur 3) met de daarin bevestigde rails bepaald m.b.v. twee volgens de diagonalen gespannen staaldraden die op 178,7 cm van de uiteinden waren voorzien van merktekens, corresponderend met de hoekpunten EFGH van het grote frame. Deze hoekpunten werden gemarkeerd met steeklabels.

4. Van het oppervlak van de rechthoek EFGH werd de wintertarwestoppel - op het object vastgrondsteelt tevens het alleen op dit object ondergezaaide gras - met een bats verwijderd, waarbij er naar werd gestreefd het grondoppervlak ruwweg horizontaal af te werken.

5. Het grote frame werd globaal op zijn plaats gebracht m.b.v. de steeklabels E, F, G, H en daarna nauwkeurig georiënteerd d.m.v. zichten over de piketten A, B, C, D en over op de hoekpunten van het frame aangebrachte richtmerken. Hierna werd het frame zuiver horizontaal gesteld met de op alle vier hoekpunten aanwezige stelschroeven.

6. Het grondoppervlak binnen het grote frame werd volkomen glad en horizontaal afgewerkt met een speciaal voor dit doel geconstrueerde, traploos in hoogte verstelbare grondschaaf die over de rails van het grote frame in de lengterichting van het veldje met de hand werd voortbewogen.

7. De doseerveldjes (de rechthoeken PQRS in figuur 4) werden van de rest van het veld afgegrensd door een frame (inwendig 1,5 x 2,0 m) van gegalvaniseerd bandijzer (hoogte 2,5 cm) dat inwendig in drie, 0,5 m brede segmenten was verdeeld (figuur 3, boven). Dit frame werd m.b.v. een mal nauwkeurig binnen het grote frame op zijn plaats gebracht, voorzichtig ca. 1 cm in de grond gedrukt en, waar nodig (om terugvering te voorkomen), vastgezet met grondpennen.

8. Op de punten A, B, C en D (ca. 1,80 m van de hoekpunten van het grote frame) werden gaten geboord ( $\emptyset$  7 cm) tot ca. 35 cm-mv, op de bodem waarvan cilindrische betontegels ( $\emptyset$  7 cm; h = 5 cm) werden geplaatst. De hoogte van de bovenkant van het grote frame werd op alle vier hoeken bepaald t.o.v. de bovenkant van de corresponderende betontegels. De nauwkeurigheid van deze meting bedroeg 0,5 cm.

# 8. TOEDIENEN VAN DE MET Co GEMERKTE GRONDSUSPENSIE, 15 EN 16 OKTOBER 1969

Vlak voor de toediening werd per veldje een monster genomen van de met Co gemerkte grondsuspensie. Deze bleek gemiddeld  $242 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  grond te bevatten. Dit gehalte, dat slechts weinig afwijkt van het nagestreefde gehalte ( $250 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) liep voor de verschillende doseerveldjes uiteen van 223 tot  $255 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  (tabel II).

TABEL II. Hoeveelheid grond ( $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) in de met Co gemerkte grondsuspensie

Doseerveldje no.	Vastegroundsteelt	Spitten	Ploegen
1	233	248	243
2	223	252	244
3	231	• 255	231
4	241	242	242
5	251	240	246
6	240	244	246

Na verwijderen van losse gronddeeltjes etc. van het vlakgeschaafde grondoppervlak, werd in elk segment van de doseerveldjes ca. 5,4 l suspensie op de grond aangebracht (laagdikte ca. 5 mm). Daartoe werd de doseerinstallatie m.b.v. de handler met een constante snelheid van  $2,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  in de lengterichting van het veldje over de rails voortbewogen. Dit betekent dat het debiet van de suspensie gemiddeld ca.  $0,12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  bedroeg. Om bij een experimenteel bepaalde, meest gunstige, vast ingestelde spleetopening een constant debiet te bereiken werd de bak gevuld met 18 l suspensie (d.w.z. tot 8 cm onder de rand) en werd het niveau van de suspensie in de bak tijdens de dosering constant ge-

houden. Daar het aanbrengen van een systeem met voorraadvat en overloop technisch niet uitvoerbaar was, geschiedde dit door tijdens de dosering voortdurend m.b.v. een gieter suspensie in de bak te suppleren.

Daar de afdichting van de doseerspleet met de stalen schuif niet afdoende was moest de doseerinstallatie voor de aanvang en na het beëindigen van de dosering buiten het doseerveldje boven losse lekbakken worden gereden; de lengte van de rails (3,00 m) was hiertoe ruimschoots voldoende. Het reeds genoemde hefbovenstelsel bleek uitstekend geschikt om de doseerbak (gewicht in gevulde toestand ca. 25 kg) alrijdend over de bandijzeren rand van het doseerveldje te tillen. Een bijkomend voordeel van deze opstelling was dat de dosering "met vliegende start" kon worden begonnen en zonder schokken kon worden beëindigd.

Daar dit technisch-organisatorisch het best uitkwam werd de dosering op de 18 veldjes uitgevoerd in de volgorde 19A-1 → 6; 28A-6 → 1; 31A-1 → 6. De veldjes 19A-1 t/m 6 en 28A-4 t/m 6 werden gedoseerd op 15 oktober, de veldjes 28A-1 t/m 3 en 31A-1 t/m 6 op 16 oktober.

Na aanbrengen van de grondsuspensie werden met eenvoudige hulpmiddelen (kippen gaas, rondhout, plastic doek) kapjes over de doseerveldjes gebouwd om tijdens het uitzakken en uitdrogen van de suspensie neerslag en directe bestraling door de zon tegen te gaan en bovendien om het betreden door grotere dieren te voorkomen (figuur 5).



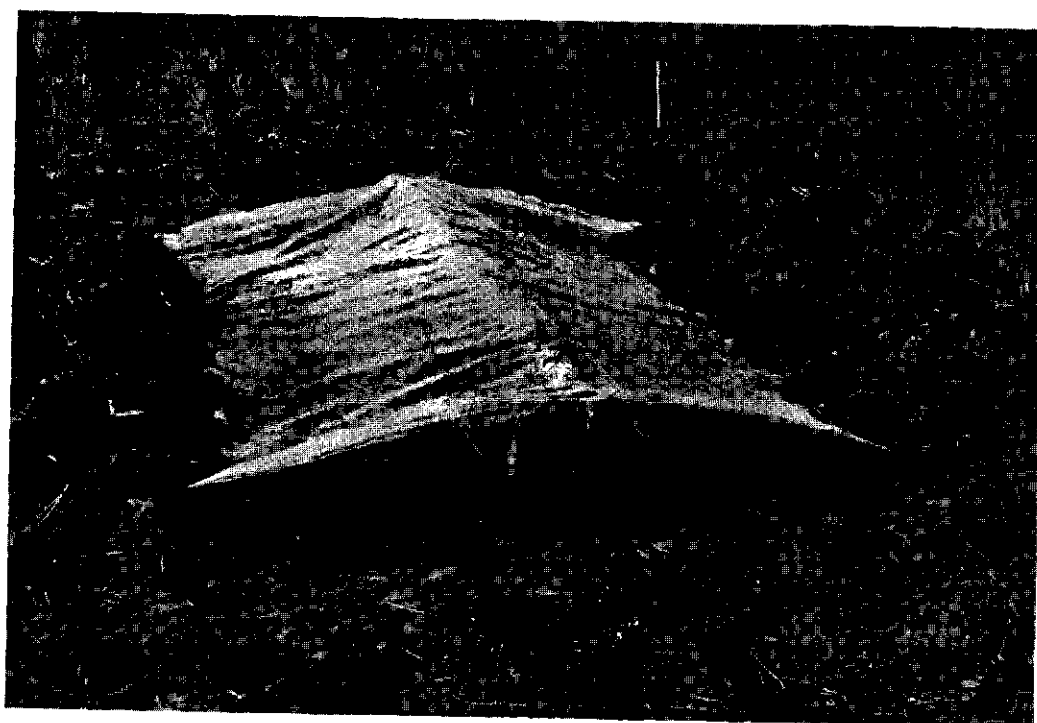
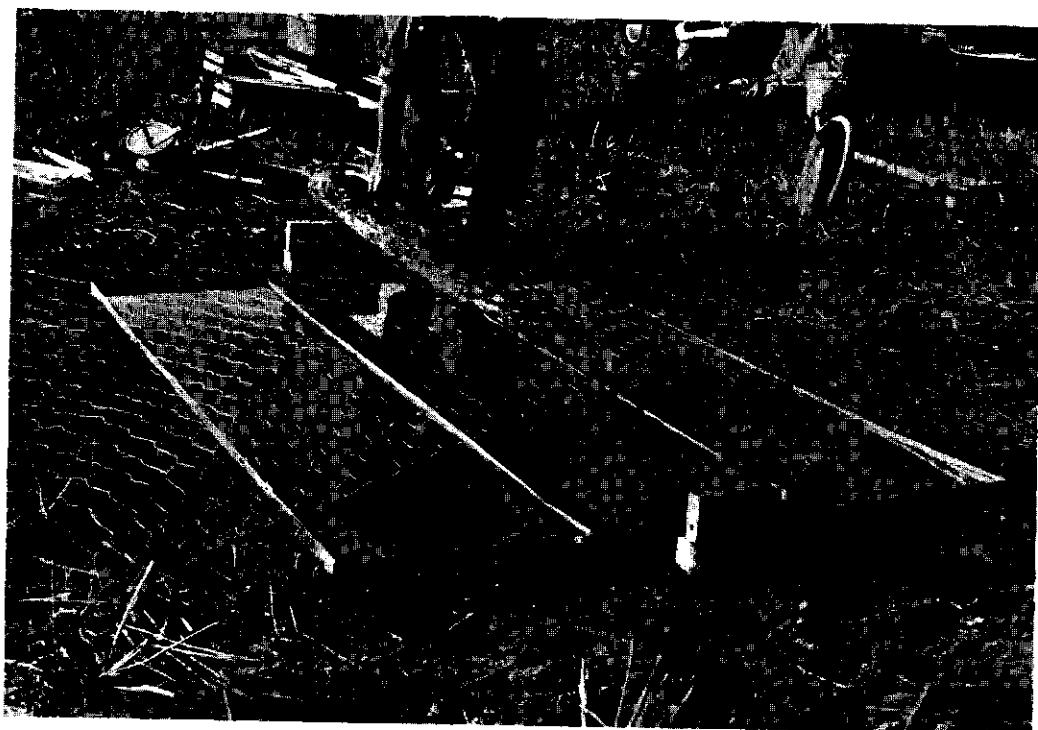


Fig. 5. Het bouwen van kapjes met eenvoudige materialen, na toedienen van de met Co gemerkte grondsuspensie.

## 9. GEDRAG VAN DE GRONDSUSPENSIE NA DE TOEDIENING

Na ca. 5 dagen was de grondsuspensie onder de plastic kapjes vrijwel egaal opgedroogd en in het algemeen goed aan het grondoppervlak gehecht.

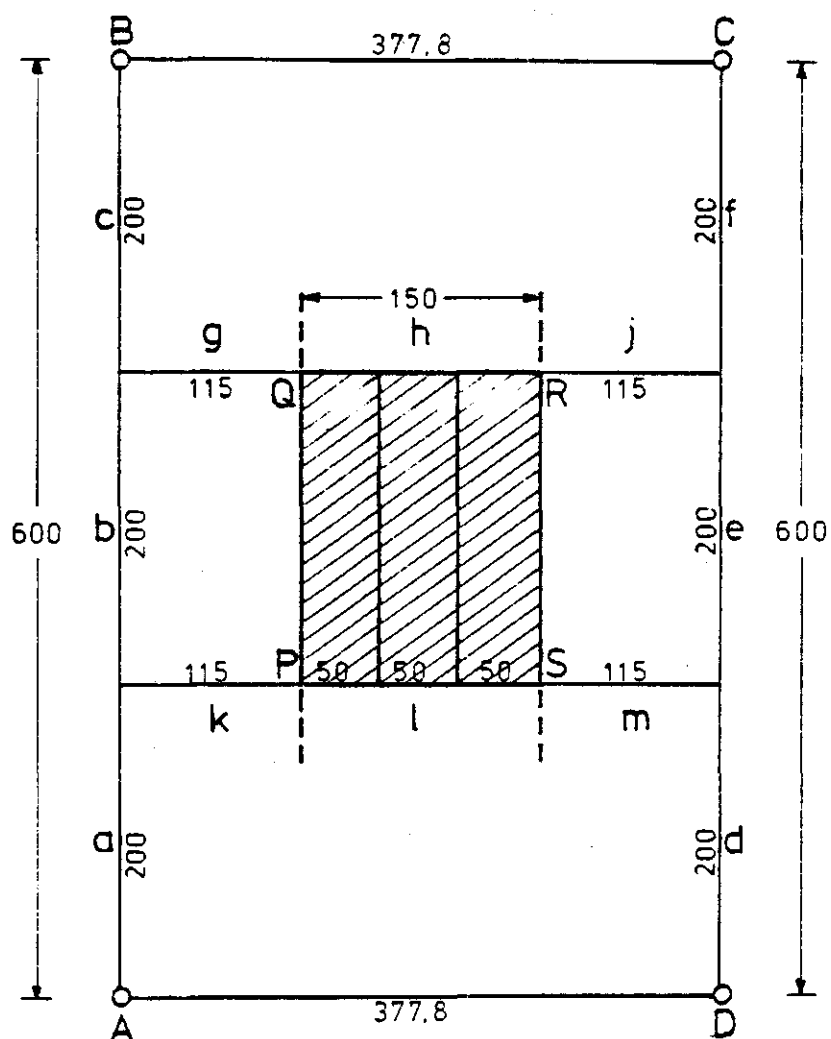
Het opdrogen verliep niet geheel gelijkmatig: op plaatsen waar condenswater van de kapjes afdruppelde duurde het langer, terwijl aan de zuidkant van de doseerveldjes op een driehoekig gedeelte van het oppervlak dat rechtstreeks door de zon werd beschenen, het opdrogen zo snel verliep dat de korst in lichte mate scheurde en schilferde. Ook op andere delen van de veldjes trad hier en daar lichte scheurvorming op; de hechting aan het oppervlak bleef daarbij meestal behouden. Na 12 dagen werd 0,2 mm water op het oppervlak verneveld om, waar nodig, de hechting te herstellen. Het effect van deze maatregel was echter gering.

Op het object vastegroundsteelt groeide op sommige plaatsen groenbestedingsgras en wintertarwe-opslag door de sliblaag heen (figuur 7). Beschadiging van de sliblaag door wormen heeft zich echter niet voorgedaan.

Na 14 dagen werden de plastic kapjes verwijderd. Direct hierna werd de preciese ligging van de bandijzeren frames t.o.v. de vier corresponderende tegels vastgelegd door de lengte te meten van de in figuur 6 aangegeven lijnstukken  $a$  t/m h en  $j$  t/m m; de meetnauwkeurigheid bedroeg hierbij 0,5 cm. De hoogteligging van het maaiveld van de doseerveldjes t.o.v. het gemiddelde horizontale vlak door de bovenkant van de tegels werd bepaald m.b.v. de reliëfmeter (zie hoofdstuk 11, tabel IV). Daar de veldjes vrijwel volkomen vlak waren bleek het ruimschoots voldoende om per veldje slechts 30 punten, verdeeld over twee dwarsraaien, te meten. De onderlinge afstand tussen de meetpunten in de raaien bedroeg 10 cm; de meetnauwkeurigheid bedroeg 0,5 cm.

Vlak voor het uitvoeren van de grondbewerking werden op de objecten ploegen en spitten de vier hoekpunten van de bandijzeren frames gemarkeerd met piketten, waarna de frames werden verwijderd. Om te voor-

komen dat op deze objecten het dunne laagje met Co gemerkte grond aan de banden van de trekker zou kleven, werden de doseerveldjes hier afgedekt met ca. 2 cm droge, fijnverkruimelde grond. Terwille van de vergelijkbaarheid werd deze handeling enige dagen later ook op het object vastegronsteelt uitgevoerd.



Figuur 6. Bepaling van de plaats van het bandijzeren frame PQRS t.o.v. de tegels A, B, C, D (bijgeschreven maten zijn streefgetallen).



Figuur 7. Met Co gemerkte, dunne laag grondsuspensie op het object vastegrondesteelt, na opdrogen.

## 10. HOOFDGRONDBEWERKING, 31 OKTOBER 1969

Bij het ploegen, waarbij door de trekkerwielen grote schuifkrachten op de grond worden uitgeoefend, had het op het oppervlak aangebrachte laagje droge grond weinig effect. Het met plastic folie afdekken van de stroken waar de trekkerwielen overheen liepen bleek beter te voldoen.

Bij het spitten werden in dit opzicht geen moeilijkheden ondervonden; de spitmachine is een aangedreven werktuig dat daarom weinig of geen trekkracht vraagt, zodat de trekkerwielen geen schuifkrachten van betekenis op grond uitoefenen.

Het *ploegen* geschiedde met een 2-schaar Rumpstad wentelploeg (VR 026 R) zonder voorscharen, met schijfkouters en met strijkijzers (figuur 8). De gemiddelde ploegbreedte bedroeg 66 cm, de ploegdiepte 25,5 cm en de voorwaartse snelheid  $3,9 \text{ km} \cdot \text{uur}^{-1}$ . De trekkracht werd geleverd door een Massey Ferguson MF 35 op 11 x 28" banden, met een spoorbreedte van 1,42 m.

Het *machinaal spitten* werd uitgevoerd met een 2 m brede Vicon spitmachine met 6 spadekransen, aangedreven door een Fiat SOM 50 Super op 11 x 36" banden, met een spoorbreedte van 1,55 m. De voorwaartse snelheid bedroeg  $1,4 \text{ km} \cdot \text{uur}^{-1}$ , de omwentelingssnelheid van de spade-as  $28,9 \text{ omw} \cdot \text{min}^{-1}$ . Bij 3 spaden per krans betekent dit een haplengte van 26,1 cm. De werkdiepte bedroeg 23,5 cm.

Om een voor alle veldjes uniforme, eenvoudige grondverplaatsing te verkrijgen, werden zowel bij het ploegen als bij het spitten alle aansluitende werkgangen in één richting uitgevoerd. Het bleek het meest praktisch hierbij steeds van de achterkant van de akker naar de voorkant te rijden (figuur 4). Er kon dan worden begonnen aan het eind van de recht achter de proefakkers op de B-helft van de kavel gelegen, eveneens 150 m lange akkers (bijlage I). Dit gaf gelegenheid de werktuigen goed af te stellen alvorens de proefakkers werden bereikt. Het betekende tevens dat steeds alleen met de beide rechtswerkende ploegregisters werd gewerkt, wat de regelmaat van het ploegwerk ten goede kwam.

Bij het ploegen werd steeds de afstand van de vaste kant van de opeenvolgende open voren tot de lange zijden van de doseerveldjes bepaald. Bij het spitten (waar een open voor ontbreekt) werd op dezelfde wijze de ligging van het spoor van het rechterachterwiel van de trekker bepaald. Uit deze metingen kon de breedte van de achtereenvolgens geploegde, resp. gespitte stroken voor elk veldje rechtstreeks worden afgeleid.

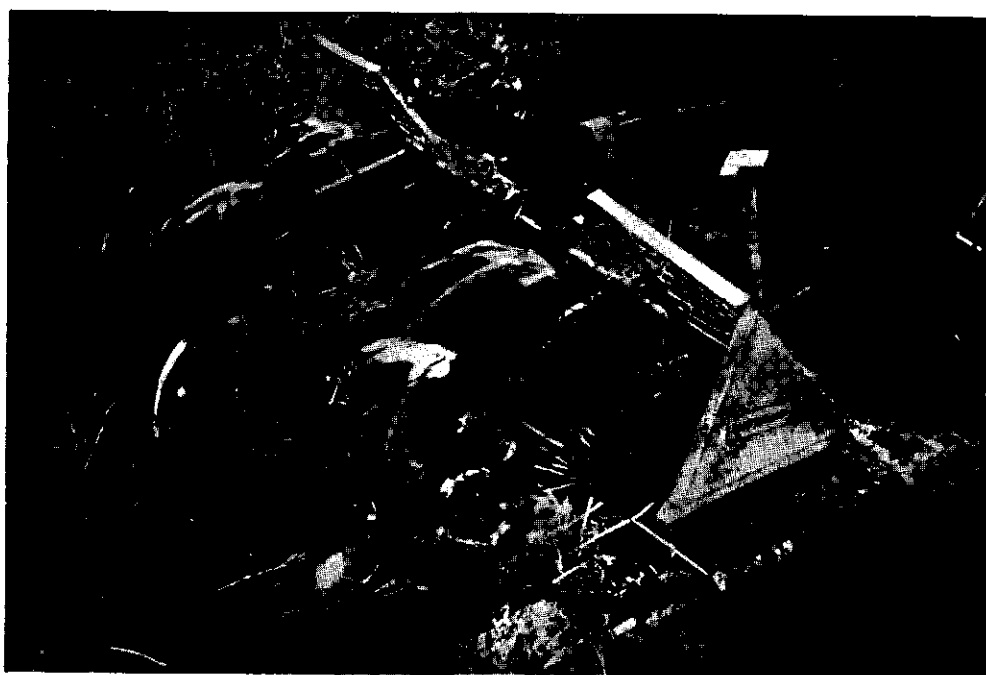
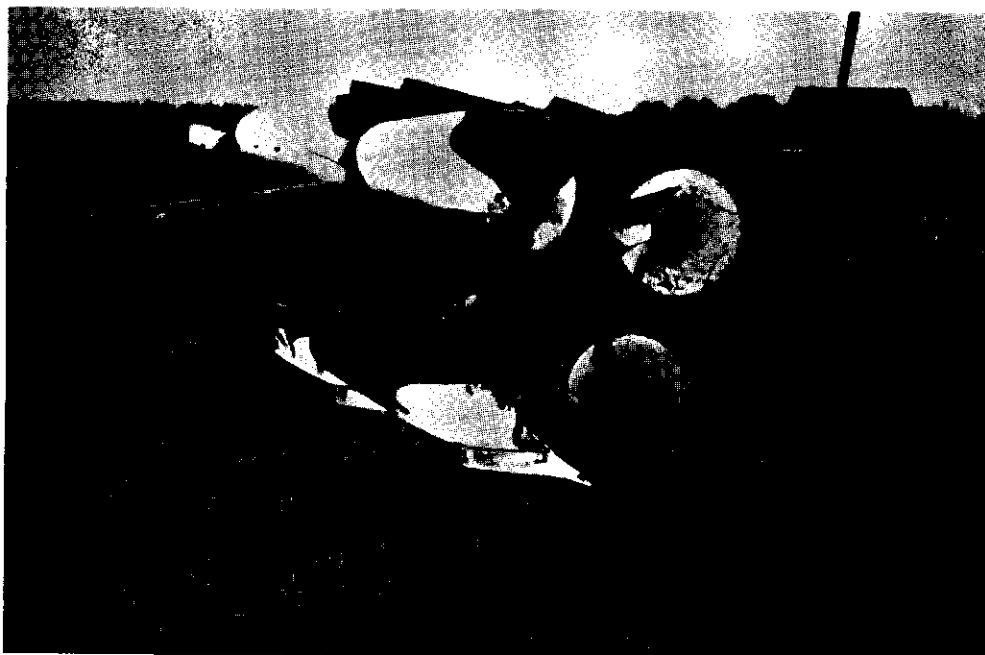


Fig. 8. Ploeg en spitmachine tijdens het uitvoeren van de hoofdgrondbewerking, 31 oktober 1969.



## 11. BEMONSTERING VAN DE BOUWVOOR

### 11.1. Eerste bemonstering, herfst 1970

De eerste bemonstering van de bouwvoor (0-30 cm-mv) werd uitgevoerd op 2 september 1970, ruim een maand na de oogst van de erwten. Bij de oogst van dit gewas was het oppervlak van de grond op de objecten ploegen en spitten door insporing zo onregelmatig geworden dat het op deze objecten niet mogelijk was de laag 0-5 cm-mv te bemonsteren. Op het object vastegrondesteelt was geen insporing van betekenis opgetreden.

#### 11.1.1. Bemonsteringsschema

Bij de bepaling van het aantal per object te bemonsteren veldjes werd uitgegaan van de veronderstelling dat de heterogeniteit van de structuur van de grond op het object vastegrondesteelt gering zou zijn, zodat de bemonstering van één doseerveldje reeds voldoende informatie zou verschaffen. De heterogeniteit van gespitte grond is doorgaans groter dan van geploegde, zodat op deze objecten drie, resp. twee doseerveldjes werden bemonsterd.

In verband met de zeer verschillende processen die op de drie objecten een rol spelen werd een differentiatie in de bemonsteringsschema's aangebracht (figuur 9).

Bij de *vastegrondesteelt* mag een zekere verticale verplaatsing door wormen en eventueel door uitspoeling worden verwacht, terwijl ook een zijdelingse verplaatsing door afspoeling denkbaar is. Er werd aangenomen dat de verplaatsingen gering zouden zijn, zodat het noodzakelijk zou zijn de bouwvoor in op elkaar aansluitende lagen met 2½ cm dikte te bemonsteren. Om de resultaten te kunnen vergelijken met die van de objecten ploegen en spitten werd de totale bemonsteringsdiepte op 30 cm gesteld.

Bij het object *spitten* is er van uitgegaan dat er een voorwaartse verplaatsing van maximaal 50 cm kon zijn opgetreden. De zijwaartse verplaatsing werd te verwaarlozen geacht. In verband met de te verwachten maximale verticale verplaatsing van ca. 25 cm werd bemonsterd

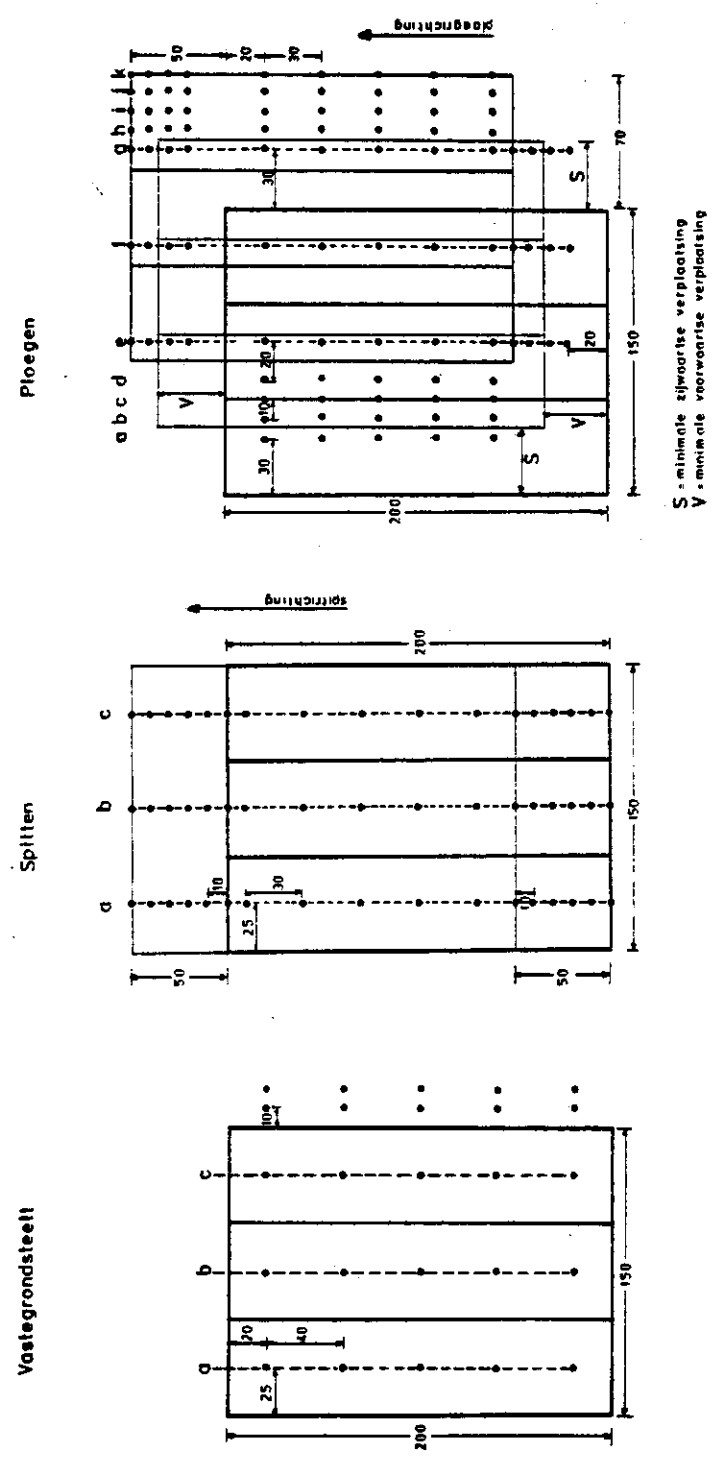


Fig. 9. Schema van de herfst 1970 op de objecten vastegroundsteelt, spitten en ploegen uitgevoerde bemonstering.

in op elkaar aansluitende lagen van 5 cm dikte tot een diepte van 30 cm-mv, te beginnen op 5 cm-mv.

Het bemonsteringsschema van het object *ploegen* is gebaseerd op een te verwachten zijwaartse verplaatsing van minimaal 35 cm en maximaal 70 cm. In voorwaartse richting werd rekening gehouden met een verplaatsing van minimaal 35 cm en maximaal 50 cm. Evenals bij het object spitten werd de totale bemonsteringsdiepte (30 cm) aangepast aan de te verwachten maximale verticale verplaatsing van 25 cm. Voorwaartse en zijdelingse verplaatsing worden nauwkeuriger bepaald, resp. gecontroleerd door de 36 bemonsteringspunten ter rechterzijde van raai g (figuur 9), resp. door de 20 bemonsteringspunten in het voorste gedeelte van het doseerveldje.

Het in herfst 1970 genomen aantal monsters bedroeg in totaal 2015 stuks, als volgt over de objecten verdeeld (tabel III):

TABEL III. Aantal monsters, 2 september 1970

Object	Doseerveldje-no.	Laag (cm-mv)	Aantal monsters per laag, per veldje	Totaal aantal monsters	
				per veldje	per object
Vaste-gronds-teelt	19A-4	0-2½	25		
		2½-5	25		
		⋮	⋮		
		27½-30	25	300	300
Ploegen	28A-5,6	5-10	95		
		10-15	95		
		⋮	⋮		
		25-30	95	475	950
Spitten	31A-1,2,3	5-10	51		
		10-15	51		
		⋮	⋮		
		25-30	51	255	765

### 11.1.2. Uitvoering

Op alle drie akkers werden alle zes doseerveldjes opnieuw uitgezet m.b.v. de onder de bouwvoor aanwezige, met de vier hoekpunten van het doseerveldje corresponderende betontegels. De relatieve hoogteligging van deze tegels werd op de gebruikelijke wijze bepaald met het timmermanswaterpas. De resultaten bleken goed overeen te komen met die van controlemetingen met een Zeiss-Opton automatisch waterpasinstrument. De hoogteligging van het maaiveld t.o.v. het gemiddelde horizontale vlak door het bovenvlak van de vier betontegels werd bepaald m.b.v. de reliëfmeter.

Het blijkt (tabel IV) dat het maaiveld herfst 1970 1 à 2 cm hoger lag dan in herfst 1969 vlak vóór het uitvoeren van de grondbewerking. Dit duidt erop dat de grond nu wat losser was. Inderdaad werd in de herfst 1970 een hoger poriënvolume gevonden dan in de herfst 1969 (bijlage II). Het verschil in maaiveldshoogte is intussen niet zo groot dat hiermee met het bepalen van de bemonsteringsdiepte rekening gehouden zou moeten worden.

Tabel IV. Hoogte van het maaiveld t.o.v. de tegels

Doseer- veldje no.	Vastegroundsteelt			Ploegen			Spitten		
	1969	1970	ver- schil	1969	1970	ver- schil	1969	1970	ver- schil
1	32,9	33,7	+0,8	34,2	37,4	+3,2	33,3	35,6	+2,3
2	32,5	33,6	+1,1	34,1	36,2	+2,1	32,5	35,2	+2,7
3	33,2	34,0	+0,8	34,4	35,1	+0,7	32,6	35,2	+2,6
4	35,5	36,2	+0,7	35,5	38,6	+3,1	35,8	37,9	+2,1
5	34,4	36,5	+2,1	32,8	34,5	+1,7	31,7	32,9	+1,2
6	34,0	36,0	+2,0	34,5	35,5	+1,0	33,2	35,9	+2,7
gem.	33,8	35,0	+1,2	34,2	36,2	+2,0	33,2	35,5	+2,3

Daar gegevens over de vereiste nauwkeurigheid bij de monsternamen ontbraken, werd hierbij gestreefd naar de grootst mogelijke precisie. Op de voor de bemonstering geselecteerde veldjes werd de plaats van de vooraf gekozen bemonsteringspunten bepaald met een speciaal voor dit doel vervaardigde mal (figuur 10). Deze mal was samengesteld uit een vast en een beweegbaar gedeelte. Het vaste gedeelte bestond uit een 3,34 m lange ligger van vierkante buis die op ca. 10 cm boven één van de lange zijden van het doseerveldje horizontaal op twee, verticaal in de grond gestoken schroefpennen werd opgesteld. Om doorzakken te voorkomen werd deze lange ligger in het midden op de grond afgesteund m.b.v. een stelschroef.

Het beweegbare gedeelte bestond uit een 2,00 m lange dwarsarm van vierkante buis die over vaste afstanden van 10 cm over de lange ligger kon worden verplaatst. De vlakstelling van de dwarsarm geschiedde d.m.v. een aan het uiteinde aanwezige stelschroef (figuur 10).

Op de dwarsarm was een uit plaatstaal vervaardigd boorplatform geplaatst dat over vaste afstanden van 5 cm over de dwarsarm kon worden verplaatst. In het midden van dit platform was een gat geboord waarin een 8 cm onder het platform uitstekende geleidebus (inwendige  $\varnothing$  2,5 cm) was gelast. Met behulp van deze geleidebus kon een gudsboor (uitwendige  $\varnothing$  2,5 cm) nauwkeurig verticaal in de grond worden gestoken. Hierbij werd de bovenkant van het platform als referentieniveau voor het bepalen van de bemonsteringsdiepte aangehouden. De bemonstering vond dus niet plaats t.o.v. het maaiveld ter plaatse van de bemonsteringspunt, maar per veldje t.o.v. eenzelfde, op ca. 10 cm boven het gemiddelde maaiveld gelegen, horizontaal vlak.

De cilindrische monsters werden in genummerde glazen flesjes met deksel gedeponeerd en in platte houten kisten (zg. poterbakjes) naar het laboratorium in Haren vervoerd. Hier werden alle monsters bij 105 °C gedroogd.

De voor de activeringsanalyse geselecteerde monsters werden verder aan de lucht gedroogd en fijn gemaakt met vijzel en mortier. Van elk monster werd ca. 5 g in een glazen buisje gebracht dat met een kunststof stop hermetisch werd gesloten. De buisjes werden in nauwsluitende, dichtgelaste kunststof etui's verzonden naar het Centraal Laboratorium TNO te Delft.

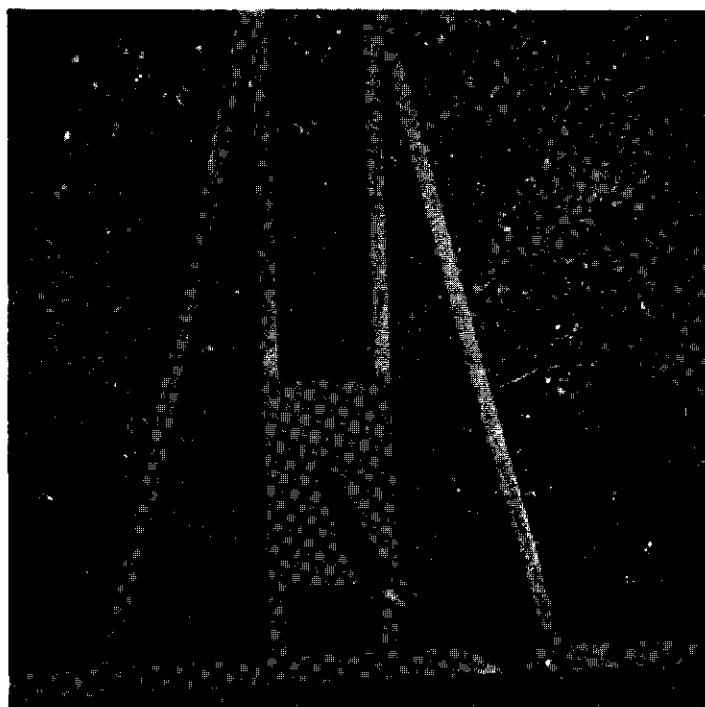
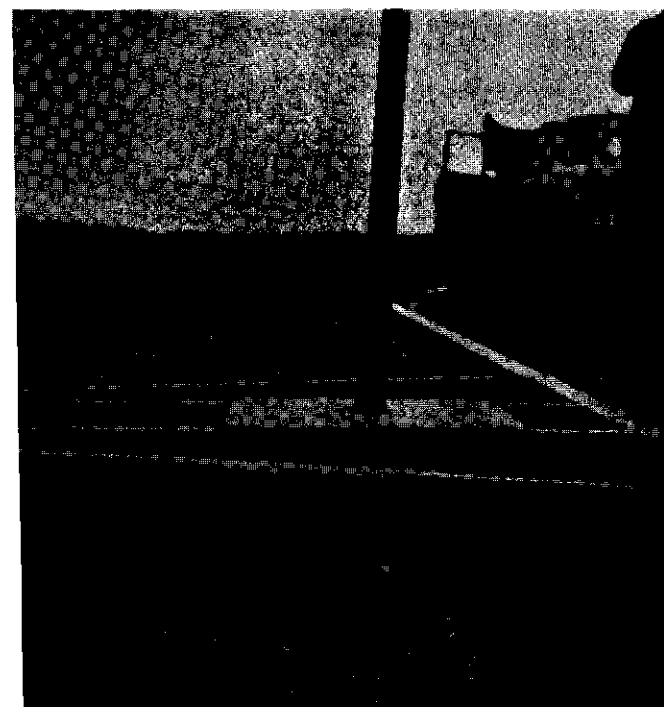
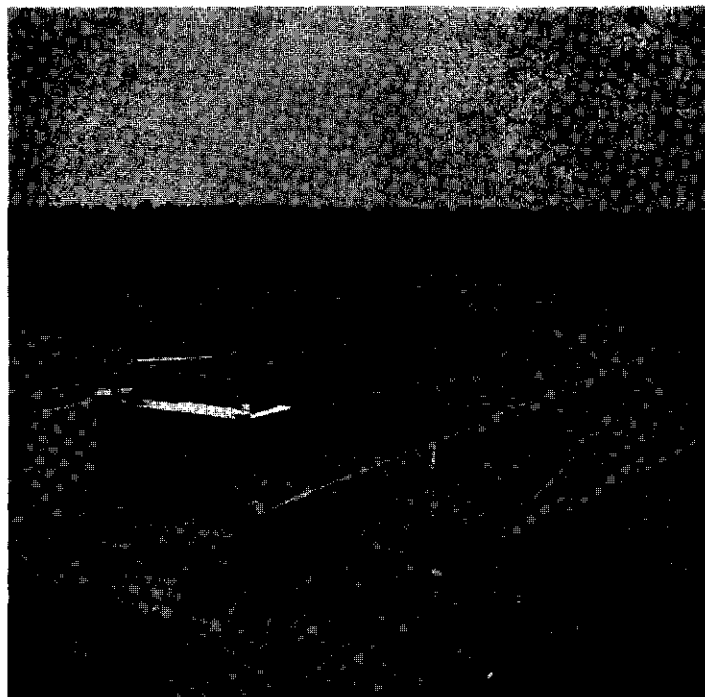
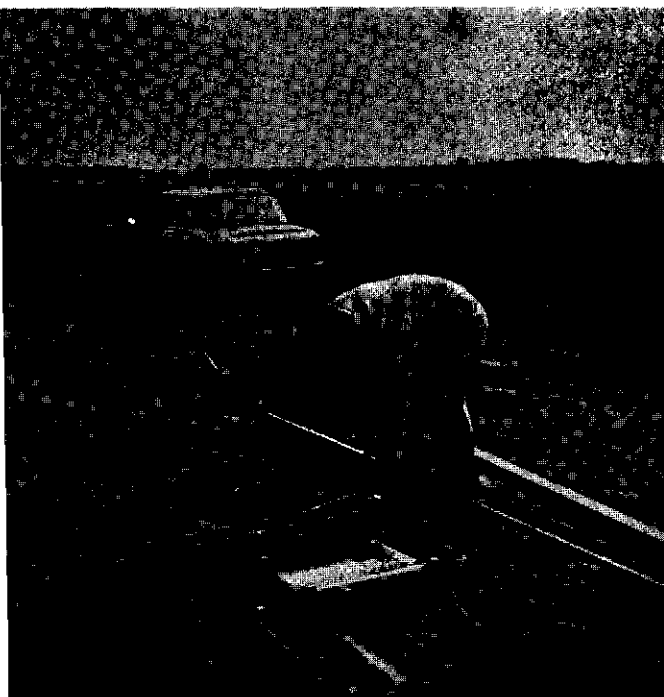


Fig. 10. Mal met vaste ligger en verplaatsbare, dwarsgeplaatste arm, waarop een verplaatsbaar plateau (referentieniveau), als toegepast bij de bemonsteringen in 1970 en 1971.

### 11.1.3. Slijpplaten

Aansluitend op de in herfst 1970 uitgevoerde gedetailleerde bemonstering werden door dr.ir. A. Jongerius (Stichting voor Bodemkartering, Wageningen) op enkele doseerveldjes van de objecten ploegen, spitten en vastgrondsteelt, monsters genomen uit de lagen 0-15 en 15-30 cm-mv.

Het lag in de bedoeling hiervan in de eerste plaats mammoetslijpplaten (8 x 15 cm) met de normale dikte van 30  $\mu$ m te vervaardigen voor micro-morfologische bestudering. Daarnaast zou worden getracht van dezelfde monsters ca. 400  $\mu$ m dikke mammoetslijpplaten te maken. Deze zouden in 20 stukjes van 2 x 3 cm kunnen worden geknipt, die elk na vermalen het voor de activeringsanalyse minimaal benodigde volume van ca. 0,25 ml zouden hebben. Op deze wijze zou zowel op de resultaten van het conventionele onderzoek naar de bodemstructuur als op de resultaten van het activeringsanalytisch onderzoek van de normale grondmonsters een fraaie aanvulling kunnen worden verkregen.

Daar Co-vrije impregneringsmiddelen niet op tijd beschikbaar waren en door andere technische problemen konden deze plannen echter niet worden uitgevoerd.

### 11.2. Tweede bemonstering, herfst 1971

Herfst 1971, enige tijd voor de oogst van de suikerbieten, werd alleen op het object vastgrondsteelt een nieuwe bemonstering uitgevoerd. Hiervoor werd een ander doseerveldje gekozen dan het in herfst 1970 bemonsterde veldje. De nieuwe bemonstering werd echter beperkt tot hetzelfde, representatieve gedeelte van het veldje waarvan de in herfst 1970 genomen monsters activeringsanalytisch zijn onderzocht (figuur 11). Zodoende werden in de herfst 1971 in totaal 120 monsters genomen.

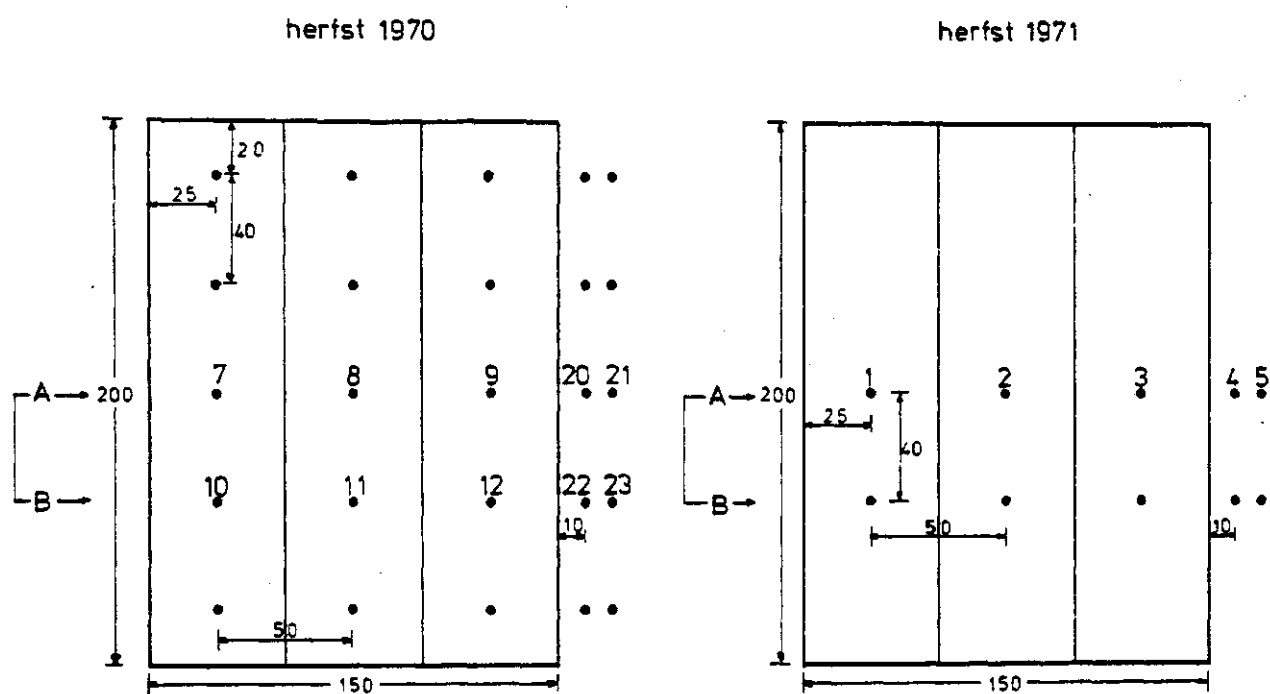


Fig. 11. Bemonsteringspunten op het object vastgrondsteelt en de daaruit gemaakte selecties (genummerde punten) op de doseerveldjes 19A-4 (herfst 1970) en 19A-6 (herfst 1971).



## 12 ACTIVERINGSANALYSE

De activeringsanalyse werd uitgevoerd door de heren drs. J.H.L. Zwiers en W. van Dijk, medewerkers van het Centraal Laboratorium TNO Delft. Zij maakten daartoe gebruik van de Hoger Onderwijs Reactor van het Interuniversitair Reactor Instituut te Delft, en van de Hoge Flux Reactor van het Reactor Centrum Nederland te Petten.

Aan de beide, door genoemde heren samengestelde rapporten (Zwiers en Van Dijk, 1971; 1972) ontleen wij allereerst enige bijzonderheden omtrent de bij de activeringsanalyse gevolgde methodiek.

### 12.1. *Principe*

Gewogen hoeveelheden van de te analyseren monsters worden bestraald met thermische neutronen. Wanneer in de monsters inactief Co aanwezig is, wordt dit door de bestraling omgezet in het radio-actieve isotoop  $^{60}\text{Co}$ , waarna de intensiteit van de uitgezonden gamma-straling van 1333 keV wordt gemeten. Wanneer bij de bestraling tevens andere radio-actieve isotopen met een ongeveer gelijk gamma-energiespectrum worden gevormd, behoeft het  $^{60}\text{Co}$  niet langs chemische weg daarvan te worden gescheiden. Daar de halveringstijd van  $^{60}\text{Co}$  groot is (5,27 jaar), kan er mee worden volstaan na de bestraling zo lang te wachten (1 à 2 maanden) dat de isotopen die de meting van de intensiteit van de 1333 keV-gammastraling zouden kunnen storen, praktisch geheel zijn vervallen.

De activiteit van de te analyseren monsters wordt kwantitatief vergeleken met de activiteit van eveneens bestraalde Co-standaardmonsters.

### 12.2. *Uitvoering*

Kwartsbuisjes met een inwendige diameter van 4 mm worden tot exact 2 cm hoogte gevuld met de te analyseren grond, wat overeenkomt met 0,3 à 0,5 g, en dichtgesmolten.

De standaardmonsters, eveneens in kwartsbuisjes ingesmolten, bestaan

uit waterige oplossingen van een Co-zout met concentraties van resp. 28,21 µg, 29,56 µg, 1,403 mg en 1,437 mg Co.

De bestraling vond plaats bij een flux van  $10^{13}$  neutronen·sec<sup>-1</sup>·cm<sup>-2</sup>. De duur van de bestraling bedroeg voor de grondmonsters 1 à 2 uur. Voor de monsters van de met Co gemerkte grondsuspensie, die uiteraard een veel hoger Co-gehalte hadden, kon de bestralingsduur worden beperkt tot 30 min. De activiteitsmetingen werden verricht met een Ge(Li)-halfgeleider-detector en een pulshoogte analysator.

Voor monsters met een zwakke activiteit (ca. 150 stuks) werd een meettijd van 3 uur gekozen; voor de overige monsters waren kortere meettijden (90, 60 en 30 min) voldoende.

### 12.3. Aantal onderzochte monsters

Gezien de hoge kosten van de activeringsanalyse werd het wenselijk geacht eerst een klein, representatief gedeelte van de monsters te laten onderzoeken en op grond van de uitkomsten hiervan een beslissing te nemen over de analyse van de rest van de monsters.

In oktober 1970 werden daarom 60 monsters van het object vastegrondsteeelt (veldje 19A-4), 85 monsters van het object spitten (veldje 31A-1) en 115 monsters van het object ploegen (veldje 28A-6) geselecteerd. Tevens werden 18 monsters van de met Co gemerkte grondsuspensie en twee monsters van de bouwvoor van de akkers 33 en 34, waarmee de suspensie was bereid, ter analyse aangeboden.

In september 1971 was het financieel mogelijk een tweede selectie uit de in herfst 1970 genomen monsters te laten analyseren: 60 monsters van het object vastegrondsteeelt (veldje 19A-4), 85 monsters van het object spitten (veldje 31A-1) en 179 monsters van het object ploegen (veldje 28A-6).

Daar de selecties per object betrekking hadden op hetzelfde doseerveldje, worden de resultaten van beide selecties in het navolgende gezamenlijk vermeld en besproken.

Verder konden er van de in herfst 1971 op een ander doseerveldje van het object vastegrondsteeelt (veldje 19A-6) genomen 120 monsters nog 60 stuks activeringsanalytisch worden onderzocht. De resultaten hiervan

worden afzonderlijk behandeld.

In totaal werden 2155 monsters genomen, waarvan er 664 stuks (ca. 30%) activeringsanalytisch zijn onderzocht (tabel V).

TABEL V. Overzicht van het aantal genomen en geanalyseerde monsters

Datum bemon- stering	Object	Akke- r no.	Doseer- veldje no.	Bemonsterd		Geanalyseerd	
				Per veldje	To- taal	veldje no.	Aan- tal
15,16.10.69	Onbehandeld	33,34	-	-	2	-	2
	Co-suspensie	19A,28A,31A	1 t/m 6	1	18	1 t/m 6	18
2.09.70	Vaste- grondsteelt	19A	4	300	300	4	120
	Ploegen	28A	5,6	475	950	6	294
	Spitten	31A	1,2,3	255	765	1	170
1.10.71	Vaste- grondsteelt	19A	6	120	120	6	60
					2155		664

## 13. RESULTATEN

## 13.1. Onbehandelde grond

Uit tabel VI blijkt dat de bouwvoor te Marknesse van nature 8 à 10  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  Co bevat. Dit cijfer ligt belangrijk hoger dan in de met dezelfde grond genomen potproef met stoppelknollen (hoofdstuk 4) werd gevonden (4 à 5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Waarschijnlijk moet dit worden toegeschreven aan een verschil in bepalingsmethodiek (activeringsanalytisch, resp. chemisch-analytisch).

TABEL VI. Co-gehalten ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van onbehandelde grond en van de met Co gemerkte grondsuspensie

Onbehandelde grond		Met Co gemerkte grondsuspensie					
Monster no.	Co-gehalte	Vastegroundsteelt		Ploegen		Spitten	
		Veldje	Co-geh.	Veldje	Co-geh.	Veldje	Co-geh.
Lov 7-1	9,89	19A-1	18200	28A-1	15500	31A-1	15300
Lov 7-2	8,30	-2	17400	-2	18600	-2	17800
		-3	17100	-3	19000	-3	16100
		-4	18500	-4	19100	-4	16700
		-5	16700	-5	20000	-5	15100
		-6	17800	-6	20700	-6	13300
Gemiddeld 9,10			17617		18817		15717

### 13.2. Met Co gemerkte grondsuspensie

Het Co-gehalte van de toegediende grondsuspensie bedroeg gemiddeld 1,74 gew.%, d.w.z. dat het nagestreefde gehalte van gemiddeld 2,0 gew.% bij lange na niet werd bereikt. Bovendien liep het Co-gehalte van de grondsuspensie sterk uiteen: van 1,33 gew.% op veldje 31A-6 tot 2,07 gew.% op veldje 28A-6 (tabel VI).

De gemiddeld veel lagere Co-gehalten van de op de veldjes 28A-1 t/m 3 en 31A-1 t/m 6 toegediende grondsuspensie coïncideren met het feit dat op deze veldjes de suspensie een dag later werd toegediend; het is echter niet bekend welk proces hier een rol gespeeld zou kunnen hebben.

In overeenstemming met het voorgaande liep ook voor de doseerveldjes waarvan naderhand monsters van de bouwvoor activeringsanalytisch werden onderzocht het Co-gehalte van de toediende grondsuspensie sterk uiteen. Voor de veldjes 28A-6 (ploegen) en 31A-1 (spitten) bedroeg het 2,07, resp. 1,53 gew.%, terwijl voor veldje 19A-4 (vastegrondesteelt) 1,85 gew.% werd gevonden. Het Co-gehalte van de suspensie die werd toegediend op het in de herfst van 1971 bemonsterde veldje 19A-6 (vastegrondesteelt) kwam hier vrijwel mee overeen (1,78 gew.%).

### 13.3. Vastegrondesteelt

Het schema van de herfst 1970 en herfst 1971 uitgevoerde bemonstering van de bouwvoor is weergegeven in figuur 11. Hierin geven de genummerde punten de plekken aan waarvan de monsters activeringsanalytisch werden onderzocht.

#### 13.3.1. Eerste bemonstering, herfst 1970

Uit bijlage IV en figuur 12 blijkt dat herfst 1970 op doseerveldje 19A-4 het Co-gehalte in de laag 0-2,5 cm-mv gemiddeld zeer hoog was ( $1064 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Het was echter nogal variabel ( $S_x = 618 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), o.a. door verschillen in intensiteit en diepte van indringing (tot 12,5 cm-mv). Buiten het doseerveldje werden duidelijke sporen van de suspensie aangetroffen: op 10 cm van de rand tot 7,5 cm-mv, op 20 cm van de rand alleen in de laag 0-2,5 cm-mv. Dit wijst erop dat er na toediening

van de suspensie toch een zeker transport heeft plaats gevonden; door welke oorzaak is niet duidelijk (afspoeling, wormenactiviteit?).

Beneden de grens van de oude bouwvoor (25 à 28 cm-mv) is het Co-gehalte duidelijk lager (gem. 8,5 resp. 4,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), daar hier de zware zavel overgaat in een veel lichtere, sterk gelaagde afzetting (zand-, schelp- en kleibandjes). Vlak boven genoemde grens is het Co-gehalte gemiddeld hoger dan in de laag 10-20 cm-mv (figuur 12).

Daar dit verschijnsel zich zowel binnen als buiten de doseerveldjes voordoet, kan de verklaring niet worden gezocht in inspoeling van oppervlakkig toegediend Co via wortelkanalen en wormgangen. Veeleer moet worden gedacht aan stagnatie in de (zeer langzame) uitspoeling van het van nature in de grond aanwezige Co, samenhangend met zeer grote uittreeweerstand op de scherpe overgang van zware zavel naar gelaagd, zandig-kleiïg materiaal.

Het relatief hoge Co-gehalte in de laag 15,0-17,5 cm-mv van plek 9 (12,1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) moet vermoedelijk wél aan uitspoeling van Co-slib uit de bovenlaag worden toegeschreven.

### 13.3.2. Tweede bemonstering, herfst 1971

De resultaten van de herfst 1971 op doseerveldje 19A-6 uitgevoerde bemonstering (bijlage IV, figuur 12) komen in grote lijnen overeen met die in herfst 1970 op doseerveldje 19A-4 werden verkregen.

Hoewel de Co-concentratie van de op veldje 19A-6 toegediende grond-suspensie (1,78 gew.%) ongeveer gelijk was aan die op veldje 19A-4 (1,85 gew.%), waren de Co-gehalten in de laag 0-2,5 cm-mv nu veel minder extreem en minder variabel ( $\bar{X} = 529$ ;  $S_x = 265 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

De grens tussen hoge en lage Co-gehalten lag nu duidelijk hoger, nl. op ca. 7,5 cm-mv, terwijl in de lagen 10,0-12,5 en 20,0-22,5 cm-mv van de plekken 1 en 3 enkele relatief hoge Co-gehalten voorkwamen (figuur 12).

Deze resultaten wijzen erop dat er in de loop van twee jaar enig benedenwaarts gericht transport van met Co gemerkt slib heeft plaats gevonden. Uit het ontbreken van een duidelijke homogenisatie van de

## VASTEGRONDSTEELT

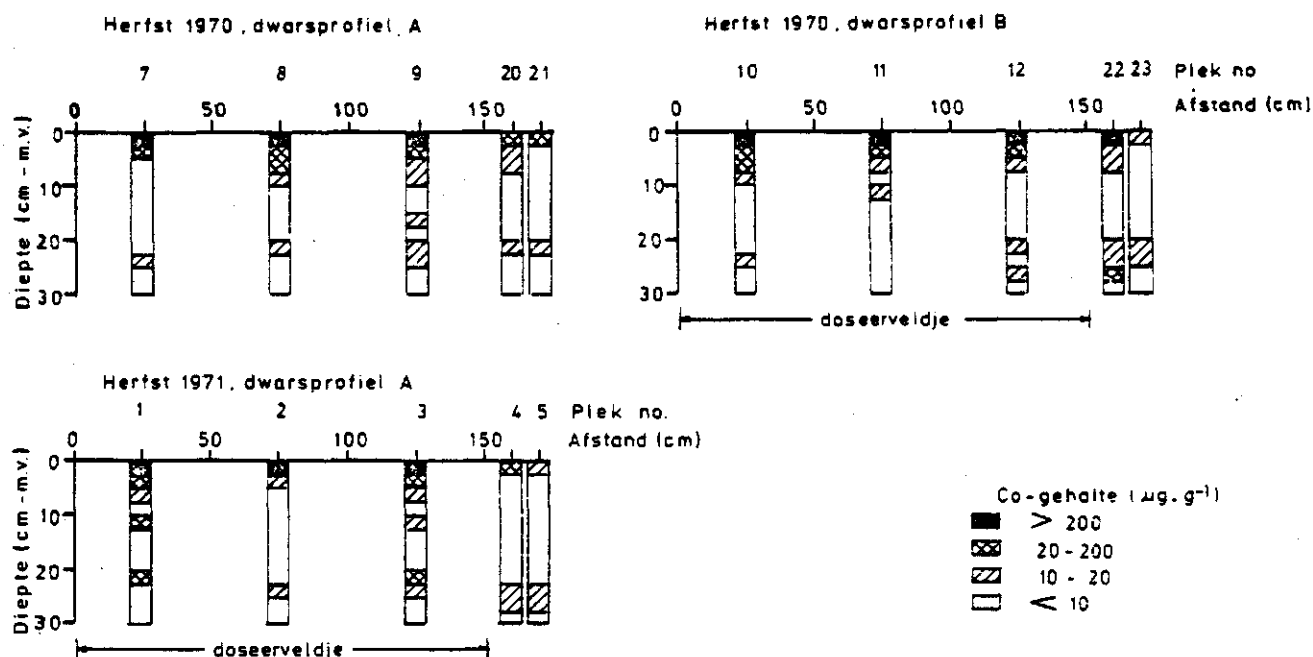


Fig. 12. Schematische weergave van de Co-gehalten van de bouwvoor in dwarsprofielen (zie figuur 11) van het object vastegronsteelt, herfst 1970 (veldje 19A-4) en herfst 1971 (veldje 19A-6).

Co-gehalten van de bouwvoor, of van enige zijdelingse verplaatsing, moet worden geconcludeerd dat de verticale verplaatsing niet aan de activiteit van de bodemfauna kan worden toegeschreven. Het is waarschijnlijk dat dit transport via bestaande wortelkanalen en wormgangen heeft plaats gevonden.

De naar beneden verplaatste hoeveelheid Co is te gering om het in vergelijking met het in de herfst 1970 veel lagere Co-gehalte in de laag 0-2,5 cm-mv geheel te kunnen verklaren. Er moet dan ook worden aangenomen dat bij het rijden over de grond (o.m. bij het zaaien en de verzorging van suikerbieten) Co-bevattende grond door de trekkerbanden buiten de grenzen van het doseerveldje is gebracht.

13.4. Spitten

De resultaten van het onderzoek van de monsters in de lengteprofielen b en c van doseerveldje 31A-1 (figuur 13) zijn vermeld in bijlage V en schematisch weergegeven in figuur 14.

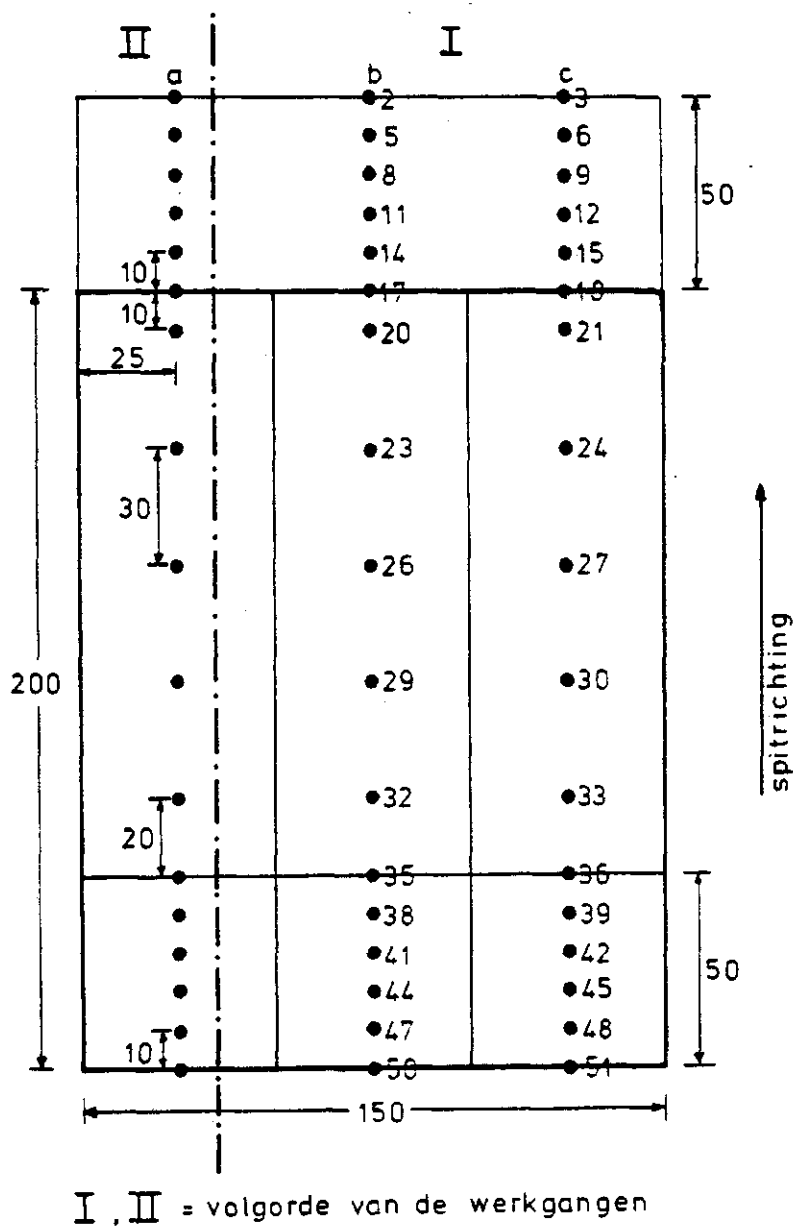


Fig. 13. Bemonsteringspunten herfst 1970 en de daaruit gemaakte selectie (genummerde punten) op het object spitten (doseerveldje 31A-1).



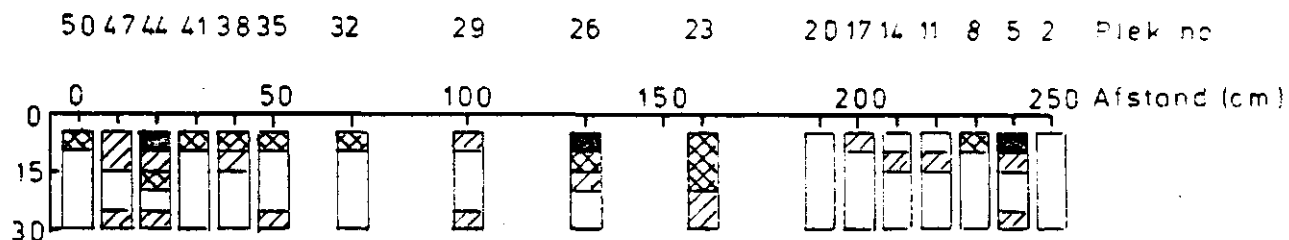
De verdeling van de Co-gehalten over de bewerkte laag van het doseerveldje is bijzonder onregelmatig (bijlage IV). Het meest opvallende aspect van de cijfers is wel dat het oppervlakkig toegediende Co grotendeels in de bovenlaag (0-15 cm-mv) wordt teruggevonden. Binnen het doseerveldje en in het direct eraan grenzende gebied waar voorwaartse verplaatsing een rol zou kunnen spelen, werden in de laag 15-20 cm-mv op slechts 5 plekken en in de laag 20-25 cm-mv op slechts één plek Co-gehalten  $> 20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  gevonden. Ook de Co-gehalten tussen 10 en 20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  zijn bepaald niet homogeen over de dikte van de bewerkte laag verdeeld. Deze variatie in de verdeling van de Co-cijfers kan worden opgevat als een goede afspiegeling van de onregelmatigheid in de grondlegging die het spitwerk doorgaans kenmerkt.

In principe worden de losgespitte brokken grond tijdens het boven de grond tillen en omgekeerd neerleggen, in de rijrichting verplaatst over een afstand gelijk aan de haplengte (hier ca. 26 cm). De Co-gehalten van de grond achter het doseerveldje (in de rijrichting gezien) zouden zelfs kunnen wijzen op een voorwaartse verplaatsing van ca. 40 cm. Uit de grote variatie in de hier gevonden Co-gehalten blijkt echter dat deze verplaatsing zeker niet kwantitatief is. Dit blijkt nog duidelijker uit het feit dat in de voorste 40 cm van het doseerveldje (in de rijrichting gezien), zij het plaatselijk, over de gehele bewerkingsdiepte nog veel tot zeer veel Co werd aangetroffen. Bij nadere beschouwing van de Co-gehalten binnen het doseerveldje wordt de indruk verkregen dat het oppervlakkig toegediende Co veel meer in verticale dan in horizontale (= rijrichting) is verplaatst.

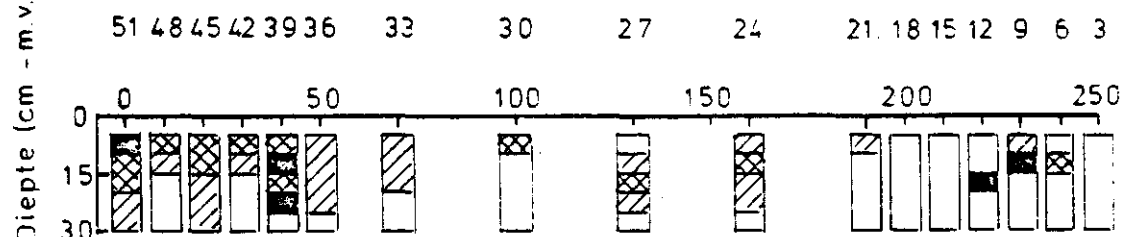
De cijfers laten wel toe te concluderen dat er op het object spitten, in tegenstelling tot het object vastegrondesteelt, geen sprake is van duidelijk lagere Co-gehalten beneden 25 cm-mv. De verklaring hiervan ligt in het feit dat op het object vastegrondesteelt vóór de aanleg van dit proefveldgedeelte nooit dieper dan ca. 23 cm is geploegd, terwijl op de objecten ploegen en spitten in het verleden regelmatig tot 28 cm-mv is geploegd. Op de objecten ploegen en spitten ligt de grens tussen de bouwvoor en de lichtere ondergrond dus ca. 5 cm dieper dan op het object vastegrondesteelt.

## SPITTEN

## Lengteprofiel b



## Lengteprofiel c



← doseerveldje →

Co - gehalte ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )

■ > 200

▨ 20 - 200

▧ 10 - 20

□ < 10

→ spitrichting

Fig. 14. Schematische weergave van de Co-gehalten van de bouwvoor in de lengteprofielen b en c (zie figuur 13) van het object spitten (veldje 31A-1), herfst 1970.

### 13.5. Ploegen

De resultaten van het onderzoek van de geselecteerde monsters van doseerveldje 28A-6 (figuur 15) zijn vermeld in bijlage VI en schematisch weergegeven in figuur 16 (lengteprofielen) en figuur 17 (dwarsprofielen).

### 13.5.1. Lengteprofielen

Onder een lengteprofiel wordt hier verstaan de verzameling bemonsteringspunten die allen op dezelfde afstand van de lange zijde van het veldje liggen. Daar de ploeg tamelijk nauwkeurig evenwijdig aan deze lengterichting door het veldje heeft gelopen, geven de lengteprofielen in principe een indruk omtrent de regelmaat van het ploegwerk.

De verschillende lengteprofielen (a t/m k; figuur 15) hebben niet steeds betrekking op dezelfde werkgang. Per lengteprofiel zou men echter in overeenkomstige lagen voor de verschillende bemonsteringspunten eenzelfde Co-gehalte mogen verwachten. Het blijkt echter (figuur 16) dat binnen het gebied waar toegediend Co wordt aangetroffen, de gehalten zeker niet homogeen zijn. Het volledig ontbreken van toegediend Co op sommige relevante bemonsteringspunten zou er overigens op kunnen wijzen dat de kans om toegediend Co terug te vinden niet bijzonder groot is.

Wanneer men zich de grond na het ploegen ruwweg voorstelt als omgekeerd neergelegd onder een hoek van ca.  $135^\circ$  met het horizontale vlak en zijwaarts verplaatst over een afstand van 40 à 50 cm, kan men m.b.v. de ligging van de opeenvolgende ploegvoren (figuur 15) ongeveer afleiden op welke diepte het toegediende Co in de verschillende lengteprofielen verwacht mag worden. Het duidelijkst kan dit worden toegelicht aan de hand van de lengteprofielen g, h en i (figuur 16), die betrekking hebben op het gedeelte buiten het doseerveldje. Het blijkt dat de Co bevattende ploegsnede I-2 (figuur 15) dakpansgewijs op de geen Co bevattende ploegsnede I-1 is gelegd, waarbij de oorspronkelijke bovengrond is ondergewerkt tot een diepte van 25 cm-mv (figuur 16, lengteprofiel g). Dit betekent dat de maximale verticale verplaatsing van op het oppervlak aanwezig materiaal ongeveer overeenkomt met de ploegdiepte.

De voorwaartse verplaatsing bedroeg, blijkens de aanwezigheid van Co-gehalten  $> 10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  op de plekken 93, 94 en 95 (profielen e, f en g) en de afwezigheid van Co-gehalten  $> 10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  op de plekken 22 en 23 (profielen e en f) minder dan 20 cm. Uit de aanwezigheid van Co-gehalten  $> 10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  op de plekken 24 en 26 (profielen g en h) zou men

echter moeten afleiden dat de voorwaartse verplaatsing 20 à 30 cm heeft bedragen.

De zijwaartse verplaatsing bedroeg, blijkens de Co-gehalten van de plekken 51, 62 (profiel a) en 52, 63 (profiel b) minder dan 40 cm; de gegevens van de plekken 60, 71 (profiel j) en 61, 72 (profiel k) wijzen echter op een zijwaartse verplaatsing van ruim 50 cm.

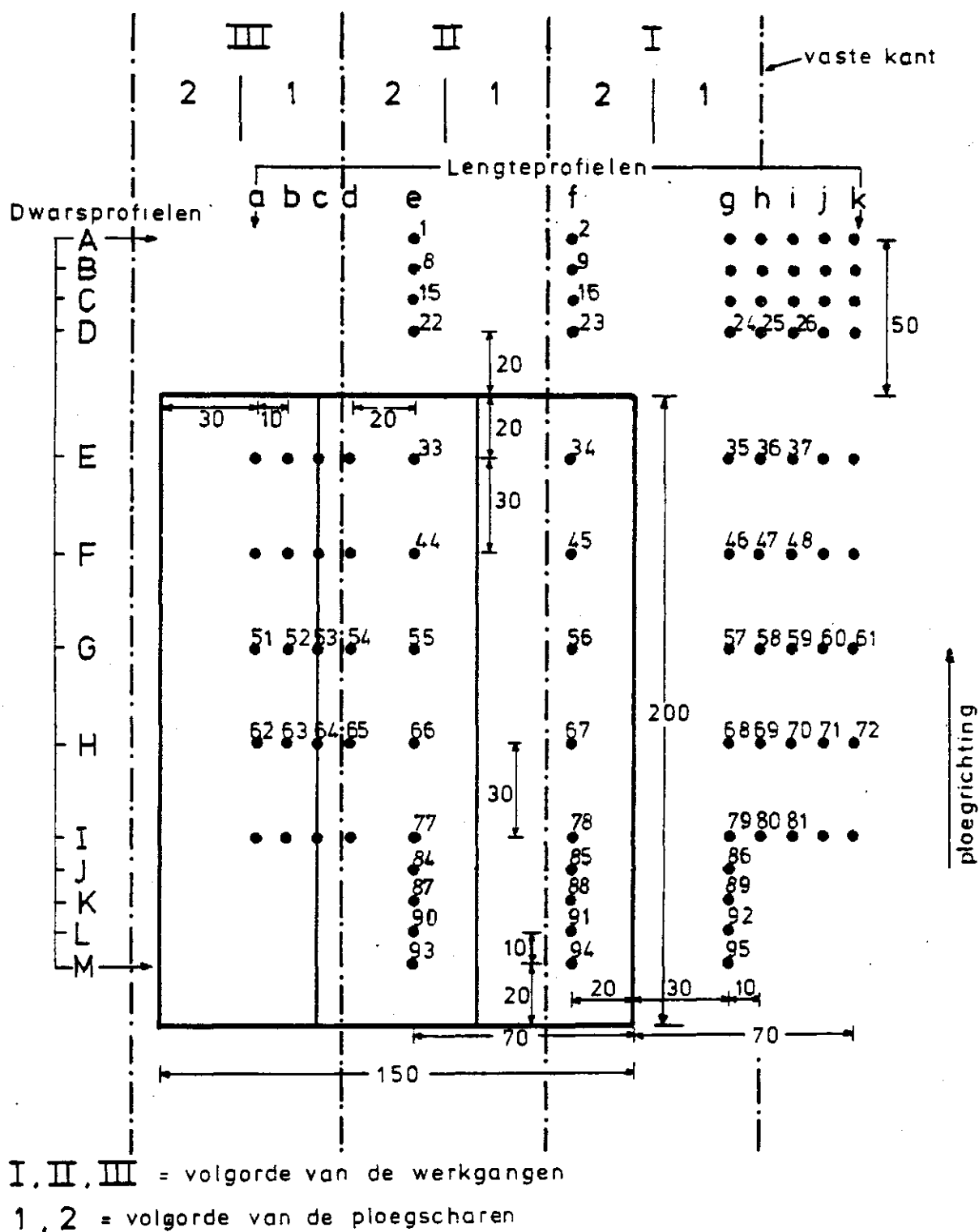
### 13.5.2. Dwarsprofielen

De dwarsprofielen A t/m M (figuur 15) zijn samengesteld uit series dwars op de ploegrichting genomen monsters.

Daar de afstand tussen de bemonsteringspunten in de dwarsprofielen meestal sterk verschilt, levert de schematische weergave van de resultaten (figuur 17) geen duidelijk beeld van het technologisch effect van het ploegen. Er kan echter met zekerheid worden geconcludeerd dat de ploeg oppervlakkig toegediend Co niet homogeen door de bouwvoor mengt.

Evenals bij de lengteprofielen laten die gedeelten van de dwarsprofielen die betrekking hebben op bemonsteringspunten ter rechterzijde van het doseerveldje nog het duidelijkst zien dat de ploeg de grond in schuine banen omgekeerd neerlegt.

De in figuur 17 gegeven informatie werd schetsmatig weergegeven in figuur 18, door per lengteprofiel met puntjes het aantal keren aan te geven dat in een bepaalde laag Co-gehalten  $> 20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  werden aangetroffen. Door het gemiddelde van de ter rechterzijde van het doseerveldje gelegen punten kan met enige betrouwbaarheid een rechte lijn worden getrokken. Deze lijn maakt een hoek van ca.  $35^\circ$  met de horizon, wat betekent dat de grond bij het ploegen over een hoek van ca.  $145^\circ$  is gekeerd. Tevens blijkt dat deze lijn, steeds over de ploegbreedte evenwijdig naar links verplaatst, redelijk door de gemiddelden van de binnen het doseerveldje gelegen punten loopt.



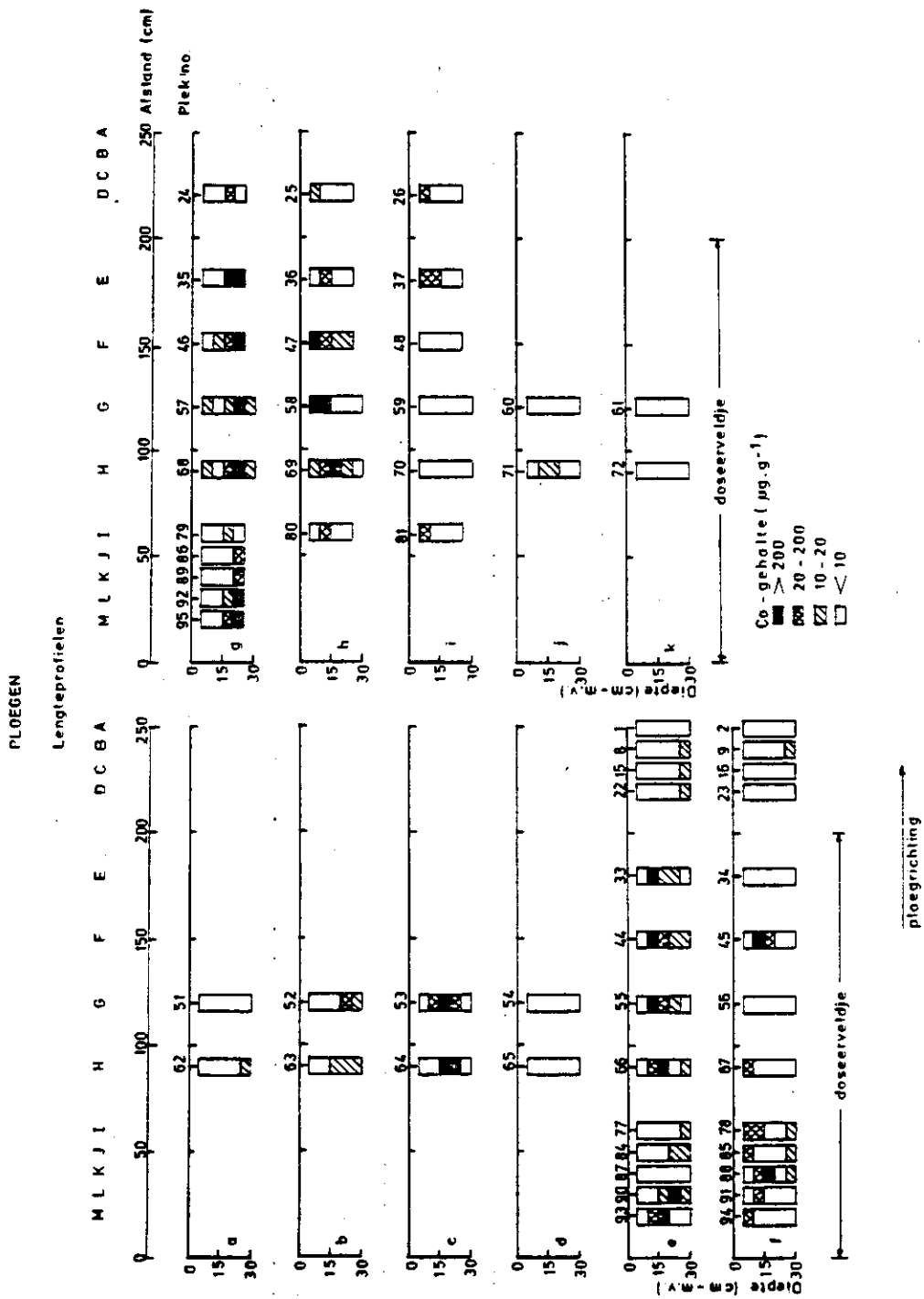


Fig. 16. Schematische weergave van de Co-gehalten van de bouwvoor in de lengteprofielen a t/m k (zie figuur 15) van het object ploegen (veldje 28A-6), herfst 1970.



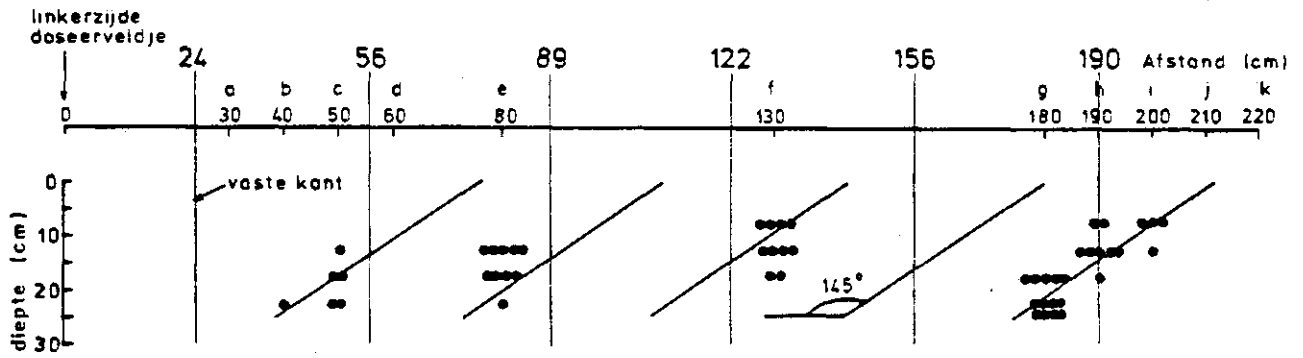


Fig. 18. Frequentie van voorkomen van Co-gehalten  $> 20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in dwarsprofielen van geploegde veldjes.



## 14. CONCLUSIES

1. De toegepaste techniek, waarbij vóór het uitvoeren van de grondbewerking een dun laagje met Co gemerkte grond op het oppervlak wordt aangebracht, is in principe goed bruikbaar ter karakterisering van het technologisch effect van de ploeg en van de spitmachine. Voorwaarde is evenwel dat het bemonsteringsnet voldoende nauw is: waarschijnlijk zal de afstand tussen twee raaien dwars op de bewerkingrichting voor geploegde objecten niet groter dan 10 cm mogen zijn. Voor werktuigen als de spitmachine, die veel onregelmatiger werk leveren dan de ploeg, zal waarschijnlijk nog intensiever bemonsterd moeten worden om tot een enigszins betrouwbare uitspraak omtrent het technologisch effect te kunnen komen.
2. Van nature bevat de bouwvoor van het proefterrein op de Dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse  $8 \text{ à } 10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  Co. De naar rato van  $13,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  op 18 veldjes van  $1,5 \times 2,0 \text{ m}$  oppervlakkig toegediende grond-suspensie bevatte gemiddeld  $1,74 \text{ gew. \% Co}$ , uiteenlopend van  $1,33$  tot  $2,07 \text{ gew. \%}$ . Bij homogene menging over de bewerkingdiepte ( $25 \text{ cm}$ ) zou dit Co-gehaltes uiteenlopend van ca.  $50$  tot ca.  $80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  opleveren.
3. Op het object vastegroundsteelt heeft in de loop van twee jaar enig benedenwaarts gericht transport van met Co gemerkt slib plaats gevonden. Uit het ontbreken van een duidelijke homogenisatie van de Co-gehaltes van de bouwvoor, of van enige zijdelingse verplaatsing, kan worden geconcludeerd dat de verticale verplaatsing niet aan de activiteit van de bodemfauna kan worden toegeschreven. Het is waarschijnlijk dat dit transport via bestaande wortelkanalen en wormgangen heeft plaats gevonden.
4. De onregelmatigheid die het spitwerk doorgaans kenmerkt wordt weer-spiegeld in de zowel in horizontale als in verticale richting zeer

sterke variatie in de Co-gehalten van de bouwvoor.

Veelal werd het oppervlakkig toegediende Co vooral in de bovenlaag (tot 10 à 15 cm-mv) teruggevonden. Hoewel de spitdiepte ca. 23 cm bedroeg werden op 30 relevante plekken beneden 15, resp. 20 cm-mv slechts 5, resp. 1 keer Co-gehalten  $> 20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  aangetroffen. Blijkbaar mengt de spitmachine de grond veel minder goed dan meestal wordt aangenomen.

Bij het spitten treedt een zekere voorwaartse verplaatsing op, maar deze is zeker niet kwantitatief; de grootste voorwaartse verplaatsing bedroeg ca. 40 cm. In overeenstemming met de aard van het werktuig is de zijwaartse verplaatsing te verwaarlozen.

5. Bij het ploegen wordt de grond over een zekere hoek (hier ca.  $145^\circ$ ) gekeerd. Aansluitende ploegsneden worden daarbij dakpansgewijs over elkaar heengelegd; van een homogene menging van op het oppervlak gedeponeerde materialen met de grond van de bouwvoor is daarom geen sprake.

De maximale verticale verplaatsing van op het oppervlak aanwezig materiaal kwam ongeveer overeen met de ploegdiepte (ca. 25 cm). De voorwaartse verplaatsing varieerde van minder dan 20 tot ca. 30 cm; de zijwaartse verplaatsing liep uiteen van minder dan 40 tot ruim 50 cm. Dit betekent dat de maximale voorwaartse verplaatsing ongeveer overeen kwam met de snijbreedte van de ploegschaar (ca. 33 cm), terwijl de maximale zijwaartse verplaatsing ca. tweemaal zo groot was.

## 15. SAMENVATTING

Om een gedetailleerd inzicht te krijgen in de mate waarin de grond door grondbewerkingswerktuigen en, eventueel, door de bodemfauna wordt gemengd en verplaatst, werd herfst 1969 op de proefboerderij Dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse een oriënterende proef uitgevoerd.

Op elk van drie akkers van 12 x 150 m werd op 6 veldjes van 1,5 x 2,0 m met een speciaal daartoe ontwikkelde doseerinstallatie een dun laagje met Co gemerkte, waterige grondsuspensie op het oppervlak aangebracht. Na opdrogen werd het goed aan het oppervlak gehechte laagje ondergeploegd, resp. gespit, terwijl het op één akker aan de oppervlakte is gebleven (object *vastegroundsteelt*).

Herfst 1970 werden op verschillende diepten uit de bouwvoor (0-30 cm-mv) in totaal 2015 monsters genomen, waarin het voorkomen van Co door activeringsanalyse kwantitatief zou kunnen worden vastgesteld. Ten behoeve van deze bemonstering werd speciale apparatuur ontworpen en gebouwd.

Op het object *vastegroundsteelt* wordt in het geheel geen grondbewerking toegepast en kan alleen een verplaatsing van het opgebrachte Co-slib door wormen e.d. worden verwacht (zgn. biologische grondbewerking). Daar niet bekend was of en in welke mate dit proces hier optreedt, werd bemonsterd in lagen van 2½ cm dikte tot 30 cm diepte. De bemonstering werd buiten de grenzen van het veldje voortgezet i.v.m. een mogelijke zijwaartse verplaatsing. Op dit object werd slechts één van de zes veldjes bemonsterd, zodat het proces in de tijd vervolgd zou kunnen worden door achtereenvolgende bemonsteringen op de overige veldjes.

Op het object *machinaal spitten* werden 3 veldjes bemonsterd in lagen van 5 cm dikte tot 30 cm-mv, waarbij rekening werd gehouden met een mogelijke voorwaartse verplaatsing van de grond bij het spitten.

Op het object *ploegen* werden 2 veldjes bemonsterd, eveneens in lagen van 5 cm dikte tot 30 cm diepte. Hierbij werd rekening gehouden met de te verwachten maximale en minimale waarden van de voorwaartse en de zijdelingse verplaatsing van de grond bij het ploegen.

Gezien de hoge kosten van de op deze monsters toe te passen activeringsanalyse kon slechts een klein gedeelte van de 2015 monsters, nl. in totaal 584 stuks, ter analyse worden aangeboden. Hierbij werd er naar gestreefd een voor elk object zo representatief mogelijke selectie te maken. Deze moest helaas beperkt blijven tot een gedeelte van de op één veldje per object genomen monsters.

Herfst 1971 kon op het object vastgrondsteelt nog een beperkte, aanvullende bemonstering worden uitgevoerd (120 monsters), waarvan een selectie van 60 stuks activeringsanalytisch werd onderzocht, om na te gaan in hoeverre er in de loop van twee jaren verplaatsing van de oppervlakkig toegediende grondsuspensie door wormenactiviteit had plaatsgevonden. Daar voor het onderzoeken van meer monsters de financiële middelen ontbraken kon de voorgenomen derde bemonstering van het object vastgrondsteelt (drie jaar na toediening van de Co-suspensie) echter niet worden uitgevoerd. Om dezelfde reden moest worden afgezien van het voornemen op de objecten ploegen en spitten de bemonstering tenminste één keer te herhalen.

Uit de Co-gehalten van de onderzochte grondmonsters kon het technologisch effect van de ploeg en van de spitmachine globaal worden afgeleid. Tevens kon enig inzicht worden verkregen in de mate van grondverplaatsing door de bodemfauna.

Het geheel overziende kan worden gesteld dat de gevolgde methodiek goed uitvoerbaar, doch zeer arbeidsintensief is. Hierop heeft wellicht invloed gehad dat er onvoldoende bekend was over de zorgvuldigheid waarmee de diverse onderdelen van de proef moesten worden uitgevoerd en er daarom werd gestreefd naar de grootst mogelijke nauwkeurigheid.

## 16. SUMMARY

In the autumn of 1969 a field experiment was carried out on the Experimental Husbandry Farm "Dr. H.J. Lovinkhoeve" at Marknesse (Northeast Polder) to study the soil-mixing and soil-displacing effects of the mouldboard plough, the Dutch spading machine, and of the soil macrofauna.

On each of three fields of 12 x 150 m a thin layer of Co-labelled, watery soil suspension was applied to six, previously levelled micro-plots of 1.5 x 2.0 m with a specially developed applicator (Figures 2, 3 and 4). Upon drying (under cover, Figure 5), this thin layer of Co-labelled soil attached itself rather well to the soil surface (Figure 7).

Two weeks after application one field was ploughed, the second field was treated with the spading machine both to 25 cm depth (Figure 8), whereas the third field was not tilled at all (zero-tillage).

In the autumn of 1970, one year after application of the thin layer of Co-labelled soil, samples from the 0-30 cm layer were taken (Figure 10), of which the Co-content was established by means of activation analysis.

The sampling scheme was varied among treatments according to expectations with respect to the soil-mixing and soil-displacing effects (Figure 9).

On the zero-tillage plots, only displacement by earthworms, etc. could be expected. Therefore, successive layers of 2.5 cm thick, down to 30 cm depth, were sampled, in view of possible horizontal displacement partly outside the boundary of the plots.

On the spaded plots and on the ploughed plots successive layers of 5 cm thick down to 30 cm depth were sampled. These samplings extended well beyond the boundary of the plots as here a forward displacement (spading) or both a forward and a sideward displacement (ploughing) could be expected.

In the autumn of 1971 the zero-tillage field was sampled once again to check the progress of soil displacement by the soil macrofauna.

In total, 2125 samples were taken. However, due to the high costs of the activation analysis only 644 samples could be analysed.

From the results of the activation analysis (Figures 12, 14, 16, 17 and 18) the following conclusions may be drawn:

1. The technique used is suitable to characterize the technological effect of the plough and the spading machine, provided the sampling grid is not wider than 10 x 10 cm.
2. Soil displacement by the soil macrofauna on zero-tillage plots seems to be negligible.
3. The work of the spading machine is irregular and soil-mixing is poor. As could be expected, vertical displacement roughly equals working depth, forward displacement roughly equals bite-length (26 cm), whereas sideward displacement is negligible.
4. Ploughed soil is inverted over an angle of about  $145^{\circ}$ . Successive furrow-slices are deposited in the way of roofing tiles. Therefore, the soil is certainly not uniformly mixed. Maximum vertical displacement about equals working depth, forward displacement about equals working width, whereas maximum sideward displacement of material originally present on the soil surface may vary from 1.2 to 1.5 times the working width.

## 17. LITERATUUR

- Groot, A.J. de, Allersma, E., Bruin, M. de and Houtman, J.P.W., 1970. Cobalt and Tantalum tracers measured by activation analysis in sediment transport studies. In: Isotope Hydrology 1970. Int. Atom. Energy Agency, Vienna, pp. 885-898.
- Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1972. Jaarversl. 1971: 18.
- Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1974. Jaarversl. 1972 en 1973: 23-24.
- Ouwerkerk, C. van, 1969. Grondbewerkingsproeven Marknesse 1968. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 6-1969, 22 pp., 3 bijl.
- Ouwerkerk, C. van, en Pot, M., 1971. Grondbewerkingsproeven Marknesse 1969. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 7-1971, 38 pp.
- Ouwerkerk, C. van, en Pot, M., 1972. Grondbewerkingsproeven Marknesse 1970. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 7-1972, 48 pp.
- Zwiers, J.H.L. en Dijk, W. van., 1971. Activeringsanalyse van 280 monsters grond, ten behoeve van een grondbewerkingsproef op de Dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse. Centraal Laboratorium TNO Delft, Rapportnr. CL 71/61, 14 pp.
- Zwiers, J.H.L. en Dijk, W. van., 1972. Activeringsanalyse van 384 monsters grond ten behoeve van grondbewerkingsproeven op de Dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse. Centraal Laboratorium TNO Delft, Rapportnr. CL 72/106, 9 pp.

## 18. BIJLAGEN



## Bijlage I-1

## VERZAMELDE PUBLIKATIES

- Baker, P.S., 1967. Basic principles and application techniques of isotope tracers. Trans. ASAE 10: 705-710, 714.
- Beer, C.E. and Hendrickson, R.A., 1969. Activation analysis: a new technique for soil movement studies. Agric. Eng.: 144-145.
- Coutts, J.R.H., Kandil, M.F., Nowland, J.L. and Tinsley, J., 1968. Use of radioactive  $^{59}\text{Fe}$  for tracing soil particle movement. Part I. Field studies of splash erosion. J. Soil Sci. 19: 311-324.
- Coutts, J.R.H., Kandil, M.F. and Tinsley, J. 1968. Use of radioactive  $^{59}\text{Fe}$  for tracing soil particle movement. Part II. Laboratory studies of labelling and splash displacement. J. Soil Sci. 19: 325-341.
- Feuerlein, W., 1961. Unsere Wünsche an die Pflugarbeit. Mitt. DLG 76: 491-493.
- Groot, A.J. de, 1967. Het merken van slib met kobalt. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 5449: 8 pp.
- Groot, A.J. de, 1968. Ontwikkeling van Ta-fixatie-onderzoek. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 6576: 5 pp.
- Hulbert, W.C. and Menzel, R.G., 1953. Soil mixing characteristics of tillage implements. Agr. Eng. 34: 702-704, 706, 708.
- James, P.E. and Wilkins, D.E., 1965. An evaluation of radioisotope and fluorescent tracer techniques. Trans. ASAE 8: 199-201, 207.
- Kouwenhoven, J.K. and Terpstra, R., 1970. Mixing and sorting of granules by tines. J. Agric. Eng. Res. 15: 129-147.
- Kouwenhoven, J.K. and Terpstra, R., 1972. Characterization of soil handling with mouldboard ploughs. Neth. J. Agric. Sci. 20: 180-192.
- Kuipers, H., van Ouwerkerk, C. and Poesse, G.J., 1966. The characterization of soil structure change produced by tillage operations. Grundförbättring 19: 59-75.
- Nichols, M.L. and Reed, I.F., 1934. Soil dynamics: VI Physical reactions of soils to mouldboard surfaces. Agr. Eng. 15: 187-190.
- Njøs, A. and Steenberg, K., 1962. The effect of different tillage implements on horizontal transfer of radioactive  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  in soil. J. Agric. Eng. Res. 7: 342-344.

## Bijlage I-2

- Perdok, U.D., 1969. De grondlegging van de mengrotor en de menggootwoeler op het veenkoloniale profiel. Tijdschr. Kon. Ned. Heidemij 80: 36-42.
- Perdok, U.D., Hulshof, J.A. en Schlangen, Ch.Th., 1969. Grondige verandering van de bodem. Tijdschr. Kon. Ned. Heidemij 80: 230-237.
- Read, K., Gobhardt, M.R. and Day, C.L., 1968. Distribution of trifluralin in the soil when mixed with disk harrow and power rotary cultivator. Trans. ASAE 11: 155-158.
- Rid, H., 1962. Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Bodenstruktur. Landwirtsch. Forsch. 15: 105-117.
- Rid, H. und Süß, A., 1959. Der Mischeffekt verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte und sein Einfluss auf die Phosphataufnahme von Sommergerste und Sommerraps, nachgewiesen durch  $P^{32}$ . Z. Acker-Pflanzenbau 109: 229-254.
- Rid, H. und Süß, A., 1960. Zur Methodik der Prüfung des Effekts von Bodenbearbeitungsgeräte. Landtechn. Forsch. 10: 62-70.
- Söhne, W., 1956. Einige Grundlagen für eine landtechnische Bodenmechanik. Grundlagen der Landtechnik, Heft 7: 11-27.
- Steenberg, H. and Njøs, A., 1964. Vertical distribution of  $P^{32}$  labelled  $NH_4H_2PO_4$  after tillage operations with mouldboard plough and rotary cultivator. J. Agric.Eng. Res. 9: 241-244.
- Wiersema, G.P., 1961. Vergelijking van de mengende werking van kopfrees en hakenfrees. Meded. Dir. Tuinb. 24: 646-649.
- Wiersema, G.P., 1961. Methode voor de bepaling van de mengende werking van grondbewerkingswerktuigen. Meded. Dir. Tuinb. 24: 501-503.
- Winkelblech, C.S. and Johnson, W.H., 1964. Soil aggregate separation characteristics of secondary tillage tool components. Trans. ASAE 7: 29-31, 33.

## Plattegrond van het grondbewerkingsproefveld Pr Lov 7

Situatie 1969

Situatie 1969

Akker  
nr.

A

B

18	s. bieten		s. bieten
19	w. tarwe + it. raai	geen	w. tarwe
20	vlas + w. klaver		vlas + w. klaver
21	s. bieten		s. bieten
22	w. tarwe + it. raai	rat.	w. tarwe
23	vlas + w. klaver		vlas + w. klaver
24	pl-		pl+
25	cult	vlas + w. klaver	stpl
26	stpl		cult
27	sp-		sp+
28	pl-		pl+
29	pl+	winter tarwe	pl-
30	sp+		sp-
31	sp-		sp+
32	cult		stpl
33	stpl	suiker bieten	cult
34	cult		stpl
35	stpl		cult
36	sp+		sp-
37	pl+		pl-
38	pl-		pl+
39	sp-		sp+
40	O		O
41	D	s. bieten	D
42	M		M
43	D		D
44	M	vlas	M
45	O		O
46	M		M
47	O	w. tarwe	O
48	D		D
49	spM	suiker bieten	spO
50	spO		spM

148 m

148 m

12 m

12 m

geen = geen grondbewerking; rat. = rationele grondbewerking

sp+ = spitten met stoppelbewerking\*

sp- = spitten zonder stoppelbewerking

pl+ = ploegen met stoppelbewerking\*

pl- = ploegen zonder stoppelbewerking

cult = alleen cultivateren

stpl = alleen stoppelploegen

O = permanent ondiep ploegen

M = .. matig diep ploegen

D = .. diep ploegen

spO = .. ondiep spitten

spM = .. matig diep spitten

\* Stoppelbewerking = cultivateren + stoppelploegen

 Akkers waar met Co gemerkte grondsuspensie is toegediend

## Bijlage III

Grond:water:lucht-verhoudingen op bewerkte en niet bewerkte grond

Datum	Gewas	Grond- bew.	Laag (cm-mv)	Vol. % poriën	Gew. % water		Vol. % lucht	
					bem.	pF 2,0	bem.	pF 2,0
14-5-69	Winter tarwe *	geen	3- 8	50,9	23,8	27,0	19,5	15,3
			13-18	46,5	24,2	26,2	11,9	9,1
		ploegen	3- 8	50,0	23,2	26,5	19,0	14,8
			13-18	49,5	24,5	26,6	16,3	13,5
9-9-70	Erwten	geen	2- 7	52,3	13,9	28,3	34,6	16,2
			12-17	52,0	16,9	28,0	30,2	15,9
			22-27	53,8	23,1	30,9	25,3	15,6
		ploegen	2- 7	52,6	19,9	26,9	27,4	18,5
			12-17	51,8	21,2	26,3	24,4	17,9
			22-27	50,4	22,8	26,0	20,1	15,9
		spitten	2- 7	53,1	20,2	26,7	27,8	19,6
			12-17	52,5	22,6	27,4	23,7	17,7
			22-27	51,3	23,9	26,9	20,1	16,2
14-6-71	Suiker- bieten	geen	3- 8	48,3	18,5	26,4	22,6	11,7
			13-18	51,5	20,3	27,1	25,1	16,3
		ploegen	3- 8	49,4	21,3	26,7	20,5	13,2
			13-18	51,8	22,9	27,3	22,2	16,5
26-5-72	Zomer- gerst	geen	2- 7	50,4	20,6	29,6	23,0	11,0
			12-17	51,0	19,3	27,0	25,6	15,5
		ploegen	2- 7	56,5	21,4	28,7	31,6	23,1
			12-17	51,3	22,3	28,0	22,3	14,9

\* Op het object vastegrondsteelt met ondergezaaid Italiaans raaigras

## Bijlage IV

Co-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in twee dwarsprofielen van het object vastegrondsteeit (veldje 19A-4)  
2 september 1970 \*

Laag (cm-mv)	Dwarsprofiel A					Dwarsprofiel B				
	plek no.					plek no.				
	7	8	9	20	21	10	11	12	22	23
0 - 2,5	957,0	616,0	510,0	41,9	21,5	862,0	2215,0	1221,0	257,0	11,9
2,5- 5,0	70,2	22,0	23,3	14,5	8,4	30,4	23,1	20,2	10,3	8,9
5,0- 7,5	7,6	29,3	15,6	18,8	8,3	22,0	14,0	15,7	10,2	8,9
7,5-10,0	7,5	10,2	11,7	8,3	7,9	10,2	9,6	9,4	8,3	8,7
10,0-12,5	9,3	9,8	8,8	7,9	8,3	8,7	13,6	8,6	9,4	8,4
12,5-15,0	8,6	7,9	8,3	8,3	7,5	8,8	8,7	8,2	9,2	8,2
15,0-17,5	7,6	8,3	12,1	8,9	7,8	8,4	8,6	9,4	8,2	8,7
17,5-20,0	7,9	9,9	8,7	8,2	9,4	8,0	7,8	7,9	9,2	9,1
20,0-22,5	7,9	15,7	10,1	11,8	11,1	8,3	8,8	12,5	14,0	12,7
22,5-25,0	10,8	9,2	10,6	7,3	9,2	11,1	8,5	9,8	11,9	11,7
25,0-27,5	5,6	5,4	8,9	4,8	4,1	6,1	5,0	12,8	20,2	9,3
27,5-30,0	4,0	3,9	4,4	6,4	4,4	4,8	5,4	4,1	5,4	4,8

\* Zie figuur 11

Co-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in een dwarsprofiel van het object vastegrondsteeit (veldje 19A-6)  
1 oktober 1971 \*

Laag (cm-mv)	Dwarsprofiel A				
	plek no.				
	1	2	3	4	5
0 - 2,5	785,0	256,0	547,0	21,2	10,5
2,5- 5,0	122,0	16,1	25,6	7,9	8,0
5,0- 7,5	10,7	9,0	10,3	8,3	8,0
7,5-10,0	8,1	9,3	9,2	8,4	8,4
10,0-12,5	42,4	9,6	13,3	8,7	9,0
12,5-15,0	7,6	8,6	8,6	7,2	8,1
15,0-17,5	8,0	8,8	7,8	9,1	9,0
17,5-20,0	7,3	8,5	8,5	8,0	8,0
20,0-22,5	36,0	9,6	30,8	8,4	9,4
22,5-25,0	9,3	10,7	11,9	10,4	12,0
25,0-27,5	9,5	9,9	5,5	10,7	11,1
27,5-30,0	4,2	3,8	4,5	5,3	8,0

\* Zie figuur 11

## Bijlage V

Co-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in een lengteprofiel van het object machinaal spitten (raai b, veldje 31A-1)  
2 september 1970 \*

Laag (cm-mv)	Plek no.																
	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
5-10	8,4	969,0	29,3	9,6	8,4	15,9	8,5	22,7	488,0	16,9	27,9	152,0	81,6	172,0	260,0	16,4	22,5
10-15	8,9	13,7	8,7	11,1	19,7	8,6	8,7	177,0	38,5	8,8	8,2	8,1	14,9	9,1	18,1	13,1	8,7
15-20	7,8	8,6	7,9	7,5	7,7	7,6	8,2	25,2	10,2	9,1	8,3	7,4	8,3	8,2	63,7	9,7	8,1
20-25	8,9	8,5	8,9	8,9	7,4	8,1	8,5	10,4	8,6	8,0	8,4	7,9	7,9	7,5	8,6	9,0	8,2
25-30	8,4	15,7	8,3	8,7	8,5	7,5	8,1	10,7	9,1	10,4	8,9	10,5	8,8	7,8	11,0	11,0	9,5

\* Zie figuur 13

Co-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in een lengteprofiel van het object machinaal spitten (raai c, veldje 31A-1)  
2 september 1970 \*

Laag (cm-mv)	Plek no.																
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51
5-10	8,9	8,5	10,4	8,9	9,3	9,2	11,1	12,1	9,1	40,1	12,9	14,1	56,9	98,4	83,3	45,0	285,0
10-15	8,0	98,0	244,0	8,3	8,7	7,9	8,0	28,0	16,4	8,6	11,9	12,7	667,0	12,5	82,2	12,4	184,0
15-20	7,5	9,3	9,1	221,0	7,5	8,0	8,2	17,8	27,7	8,0	10,9	14,2	23,4	8,6	11,4	8,8	81,7
20-25	8,4	9,4	8,5	8,9	8,7	7,9	8,4	10,7	16,5	7,9	7,5	16,7	357,0	8,7	17,0	8,5	12,3
25-30	7,9	8,5	9,2	8,2	9,2	8,1	9,3	9,4	8,8	9,1	8,9	9,1	9,4	9,3	14,9	9,2	10,0

\* Zie figuur 13

## Bijlage VI-1

lo-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in dwarsprofielen van het object ploegen (veldje 28A-6), 2 september 1970 \*

dwarsprofiel o.	Laag (cm-mv)	Lengteprofiel no.										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
	5-10					7,9	9,1					
	10-15					8,0	7,8					
	15-20					8,5	9,0					
	20-25					8,9	8,1					
	25-30					9,7	9,6					
	5-10					8,4	7,8					
	10-15					8,2	7,6					
	15-20					8,8	7,5					
	20-25					9,4	8,0					
	25-30					10,9	10,9					
	5-10					7,7	7,6					
	10-15					8,0	7,1					
	15-20					6,4	7,9					
	20-25					9,1	8,2					
	25-30					10,8	5,2					
	5-10					7,5	7,7	7,9	10,7	39,0		
	10-15					8,0	8,0	8,7	8,0	9,7		
	15-20					7,5	7,8	61,0	9,0	8,3		
	20-25					7,7	8,1	9,9	8,3	8,6		
	25-30					10,3	5,1	-	-	-		
	5-10					8,9	8,4	8,5	9,4	163,0		
	10-15					349,0	8,5	8,8	54,9	51,0		
	15-20					16,2	8,5	624,0	9,5	10,5		
	20-25					10,0	8,5	1086,0	8,4	11,4		
	25-30					7,4	6,6	-	-	-		
	5-10					7,9	8,3	9,3	283,0	8,7		
	10-15					438,0	371,0	14,3	160,0	8,4		
	15-20					69,2	44,1	133,0	10,9	8,6		
	20-25					10,4	9,6	868,0	13,9	9,4		
	25-30					10,4	6,2	-	-	-		
	5-10	7,8	7,8	7,8	8,2	8,4	8,4	10,2	290,0	8,7	8,6	8,0
	10-15	7,9	8,1	178,0	8,1	227,0	8,5	9,4	245,0	7,7	7,5	7,8
	15-20	7,9	8,5	808,0	7,9	173,0	8,2	11,3	9,3	8,4	7,9	7,6
	20-25	8,2	107,0	30,3	8,0	11,6	8,3	650,0	9,3	8,0	8,2	8,2
	25-30	9,7	10,5	9,4	8,5	9,4	7,3	13,0	7,5	7,5	6,6	6,2

## Bijlage VI-2

Co-gehalte ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) van de grond in dwarsprofielen van het object ploegen, (veldje 28A-6), 2 september 1970 \*

Dwarsprofiel no.	Laag (cm-mv)	Lengteprofiel no.										
		a	b	z c	d	e	f	g	h	i	j	k
H	5-10	7,9	8,7	8,3	9,2	8,0	55,3	10,2	10,0	9,8	9,6	8,0
	10-15	7,9	8,0	7,8	8,4	102,0	9,3	9,3	25,6	8,1	10,8	7,8
	15-20	8,2	10,2	310,0	8,5	417,0	7,8	175,0	242,0	8,6	10,9	7,8
	20-25	8,3	10,4	306,0	8,6	9,3	8,9	470,0	10,9	9,5	-	8,1
	25-30	11,1	11,0	9,5	8,3	12,1	9,5	12,0	8,2	8,8	8,7	8,6
I	5-10					7,8	51,5	9,4	8,3	76,9		
	10-15					8,0	51,9	9,6	135,0	8,0		
	15-20					8,0	8,2	10,5	7,7	8,1		
	20-25					8,3	7,6	9,9	8,0	9,5		
	25-30					10,4	10,4	-	-	-		
J	5-10					7,9	20,6	8,0				
	10-15					7,7	8,2	8,1				
	15-20					9,0	8,7	8,9				
	20-25					13,8	9,6	69,6				
	25-30					10,1	10,0	-				
K	5-10					8,5	8,1	7,5				
	10-15					9,0	46,6	8,4				
	15-20					9,3	270,0	8,3				
	20-25					8,4	8,6	192,0				
	25-30					9,2	15,1	-				
L	5-10					8,1	8,1	8,6				
	10-15					8,3	111,0	8,3				
	15-20					16,6	8,4	11,3				
	20-25					276,0	8,4	442,0				
	25-30					11,0	9,1	-				
M	5-10					8,2	113,0	7,9				
	10-15					25,4	8,9	9,0				
	15-20					510,0	8,5	21,0				
	20-25					8,8	8,4	320,0				
	25-30					8,6	9,1	-				

\* Zie figuur 15